FIB Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V.

Informationsgestützte antizipative wasserhaushaltsbasierte Anpassung an den Klimawandel Elbe-Elster (IAWAK-EE)

Maßnahmen zur Klimaanpassung über Wasserrückhalt und Kühlung durch Verdunstung – Handreichung für Kommunen

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

IAWAK ELBE-ELSTER

FIB

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

Landkreis Elbe-Elster

IBA-Studierhaus Lausitzer Seenland e.V. see

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde

Anwendungsorientierte Forschung
für nachhaltige Lösungen

Kontakt:
Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (FIB)
Brauhausweg 2
03238 Finsterwalde
Tel. 03531/ 7907-0
www.fib-ev.de, fib@fib-ev.de
Amtsgericht Cottbus - Vereinsregister VR 3792
Geschäftsführung: Dr. Michael Haubold-Rosar

Bearbeitung:
Dr. Christian Hildmann, c.hildmann@fib-ev.de, 03531 7907-25
Dr. Beate Zimmermann
Rainer Schlepphorst
Dr. Stefan Lukas
Dr. Lydia Rösel
Friederike Kleinschmidt
Sarah Kruber
Jennifer Nagel (HNEE)
Prof. Dr. Uta Steinhardt (HNEE)
Ariane Kölling (Landkreis Elbe-Elster)

DOI: 10.5281/zenodo.10149149

Stand: 17. November 2023

Das dieser Handreichung zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01LR2004A-D gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **5**

2 Maßnahmen Innerorts **9**

2.1 Maßnahmen im Bereich Siedlung 9

2.1.1 S-I-1: Baumreihen außerorts (Alleen und Baumreihen) 10

2.1.2 S-I-2: Baumreihen innerorts 11

2.1.3 S-I-3: Pergola 13

2.1.4 S-II-1: Baumgruppen im Siedlungsraum 15

2.1.5 S-II-2: Aufforstung urbaner Brachflächen 17

2.1.6 S-III-1: Versickerung von Niederschlagswasser über Mulden im Garten . . 19

2.1.7 S-III-2: Mulden an Straßen 21

2.1.8 S-IV-1: Fassadenbegrünung 23

2.1.9 S-IV-2: Dachbegrünung 24

2.1.10 S-V-1: Entsiegelung und Begrünung 26

2.1.11 S-V-2: Rasengittersteine 28

2.2 Hinweise zu den formellen Planungsinstrumenten 29

2.2.1 Landschaftsplan als fachlicher Begleitplan 29

2.2.2 Grünordnungsplan (GOP) als Satzung 30

2.2.3 Kompensationsmaßnahmen 30

2.2.4 Versickerung / Eintrag in das Grundwasser 31

2.2.5 Baumschutz mittels örtlicher Satzung 34

2.2.6 Örtliche Bauvorschriften 34

2.3 Beispiele der Umsetzung mit Gestaltungskonzepten 35

2.3.1 Ausgangslagen 35

2.3.2 Vorgehensweise und Beteiligung 35

2.3.3 Maßnahmenvorschläge 36

2.3.4 Erwartete Wirkung für die Umsetzung der Maßnahmen 41

2.3.5 Exemplarische Arbeitsplan- und Finanzierungspläne 43

3 Maßnahmen Außerorts **47**

3.1 Maßnahmen im Bereich Landwirtschaft 48

3.1.1 A-I-1: Agroforstsysteme – Alley-Cropping 49

3.1.2 A-I-2: Landschaftsstrukturelemente 51

3.1.3 A-II-1: Umwandlung von Acker in Dauergrünland 53

3.1.4 A-II-2: Anbau von Dauerkulturen 55

3.1.5 A-II-3: Permanente Bodenbedeckung 57

3.1.6 A-III-1: Konservierende Bodenbearbeitung 58

3.1.7 A-III-2: Organische Düngung 59

3.1.8 A-III-3: Querfeldbewirtschaftung 60
3.1.9 A-IV-1: Anbau tief wurzelnder Kulturen 61
3.1.10 A-V-1: Aufforstung marginaler Ackerstandorte 62
3.2 Maßnahmen im Bereich Forstwirtschaft 64
3.2.1 F-I-1: Walderneuerung 65
3.2.2 F-II-1: Strukturreiche Waldaußenränder 67
3.2.3 F-II-2: Ökologischer Waldumbau 69
3.3 Maßnahmen im Bereich Wasserwirtschaft 71
3.3.1 W-I-1: Grabenverbau im Wald 72
3.3.2 W-I-2: Rekonstruktion von Kulturstauen 73
3.3.3 W-I-3: Stützschwellen 74
3.4 Maßnahmen im Bereich Naturschutz 76
3.4.1 N-I-1: Wiedervernässung von Feuchtwiesen 77
3.4.2 N-I-2: Wiedervernässung von Moorflächen 78
3.4.3 N-II-1: Schaffung von Kleingewässern 79
3.5 Informelle Planungsinstrumente 81

4 Literatur **81**

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

1 Einleitung

Kommunen bilden die zentrale Ebene für die Umsetzung von Klimaschutz- aber vor allem Klimaanpassungsmaßnahmen. Die Auswirkungen von z. B. Hitzetagen und Starkregenereignissen zeigen sich direkt in konkreten Belastungen und Schäden vor Ort. Daher ist es umso wichtiger, die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen stärker in den Fokus kommunalen Handels zu rücken. Mit dieser Übersicht an möglichen Klimaanpassungsmaßnahmen sowie der Möglichkeiten der Überführung in verbindliche Vorgaben sollen Kommunen in die Lage versetzt werden, im politischen Raum, im verwaltungsinternen Handeln und in der Kommunikation mit Bürgerinnen und Bürgern, Investoren und sonstigen Akteuren die Dringlichkeit der Umsetzung der Maßnahmen zu kommunizieren.

Die hier vorgestellte Auswahl von Maßnahmen ist im Projekt »Informationsgestützte antizipative wasserhaushaltsbasierte Anpassung an den Klimawandel« entstanden. Eine ausführlichere Beschreibung der Maßnahmen ist bereits veröffentlicht (Hildmann et al., 2022, englisch, mit Hinweisen zu Kostengruppen).

Im Sinne von „no-regret Maßnahmen"[1] sind die hier vorgeschlagenen Maßnahmen kleinteilige, für Kommunen und lokale Akteure einfach umsetzbare Maßnahmen für die teilweise bereits etablierte Planungsinstrumente zur Verfügung stehen. Kommunen sollen in die Lage versetzt werden, sowohl einzelne, ausgewählte Maßnahmen umzusetzen, als auch im Sinne einer strategischen Planung Maßnahmenbündel für geeignete Siedlungsquartiere vorzusehen.

Anpassung an den Klimawandel konfrontiert die Akteure im Landkreis Elbe-Elster, dem Projektgebiet, in erster Linie mit zunehmender Wasserknappheit. Dabei sind bereits heute die Jahresniederschlagsmengen mit durchschnittlich 556,8 mm eher gering (Pfeifer, Bathiany & Rechid, 2021). Durch die steigenden Temperaturen wird auch bei gleichbleibendem Niederschlag die klimatische Wasserbilanz immer negativer (B. Zimmermann & Hildmann, 2021). Deshalb haben wir nach Maßnahmen gesucht, mit denen mehr Wasser in der Landschaft zurückgehalten werden kann. Das zurückgehaltene Wasser soll der Wasserversorgung der Vegetation dienen. So wirkt es sich positiv auf das Pflanzenwachstum aus, indem Dürrephasen gemildert werden und z. B. die Ertragssicherheit von Kulturen verbessert wird. Vor allem aber kommt es über den Verdunstungsprozess zur Kühlung der Landoberfläche, die wir über Satellitenbilder beobachten.

Die Kühlung der Landschaft über den Verdunstungsprozess trägt zur Dämpfung von Temperaturextremen bei. Klimaanpassung geht hier über die Bewältigung der Folgen des Klimawandels ein Stück weit hinaus, in dem das Kleinklima positiv beeinflusst wird. Die Kühleffekte kommen nicht nur dem Menschen, sondern auch Pflanzen und Tieren zugute. Gegenüber Hitze wenig tolerante Arten sind bereits heute im Rückgang begriffen (e.g. Reif et al., 2008; Schleuning et al., 2016; Bartholy, 2012). Da der Klimawandel auf Prozesse und Lebewesen im Boden ebenfalls einen Einfluss ausübt (e.g. Brevik, 2013; Jansson & Hofmockel, 2020; Classen et al., 2015; Gelybó et al., 2018), kann eine Dämpfung von Temperaturextremen auch in dieser Sphäre Effekte erzielen. Schließlich

[1] No-regret Maßnahmen sind Handlungen, die unter heutigen Klimabedingungen einen ökologischen, ökonomischen oder gesellschaftlichen Vorteil besitzen, auch wenn der eigentliche Grund für die ergriffene Maßnahme nicht im erwarteten Ausmaß eintritt.

baut eine kühlere Landoberfläche einen geringeren Temperaturgradienten in die darüber liegende Luftschicht auf, sodass die Luftfeuchtigkeit eher in der Region verbleibt und so z. B. für die Bildung von Tau zur Verfügung steht. Die Arbeiten von Makarieva, Nefiodov, Nobre, Sheil et al., 2021; Makarieva, Nefiodov, Nobre, Bardi, Sheil, Baudena, Saleska & Rammig, 2022; Makarieva, Nefiodov, Nobre, Bardi, Sheil, Baudena, Saleska, Molina et al., 2022 kommen sogar zu dem Schluss, dass bei zu geringer Verdunstung auf dem Kontinent ein Kipppunkt überschritten und die Zufuhr feuchter Luft aus dem Atlantik blockiert wird, womit ein arides Klimaregime ausgelöst werden könnte.

Damit Maßnahmen zur Klimaanpassung Wirkung zeigen können, müssen sie in der Fläche umgesetzt werden. Deshalb haben wir Maßnahmen aus allen relevanten Sektoren im Landkreis zusammengestellt: der Land- und Forstwirtschaft, dem Siedlungsbereich, dem Naturschutz und der Wasserwirtschaft. Da der Landkreis Elbe-Elster eher ländlich geprägt ist, liegt der Schwerpunkt der Maßnahmen im Landschafts- und nicht im Siedlungsbereich (Siedlungen nehmen etwa 4,8 % der Gesamtfläche ein).

Wasserrückhalt in der Landschaft – wenn möglich, sollten auch solche natürlichen Lösungen zugelassen werden.

Die Maßnahmen zum Wasserrückhalt sollen über das ganze Jahr hinweg wirken. Ein Wasserüberschuss aus dem Winterhalbjahr soll soweit möglich in das Sommerhalbjahr hinein genutzt werden können. Darüber hinaus sollen in gleicher Weise die Niederschläge im Sommerhalbjahr zurückgehalten werden, um Dürrezeiten zu mildern. Damit erhalten die Maßnahmen eine weitere Funktion, in dem sie bei Starkregenereignissen den Gebietsabfluss dämpfen und so auch zum Hochwasserschutz beitragen.

Bei der Auswahl des vorliegenden Maßnahmenkatalogs haben wir uns an den landschaftlichen Gegebenheiten der Region orientiert. Diese weist überwiegend ein geringes Relief und sandige Böden auf. Vor allem durch die Meliorationen und den Braunkohlenbergbau wurde in der Vergangenheit der Landschaftswasserhaushalt wesentlich verändert. Große Teile der Wälder sind durch Kiefernmonokulturen mit hoher Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel geprägt. Einige weitere Maßnahmen sind denkbar, wurden aber aufgrund der untergeordneten Bedeutung für den gesamten Landkreis oder fehlender Eingangsdaten für ihre Verortung im Raum (s.u.) vorerst nicht in den Katalog aufgenommen.

Maßnahmen zum Wasserrückhalt in der Landschaft wurden bereits verschiedenen Forschungsarbeiten identifiziert, allerdings meist mit einem anderen Schwerpunkt und angepasst an andere Regionen (z. B. Sušnik et al., 2022; Keesstra et al., 2018; Mubareka et al., 2013; Tóth, 2019; Hildmann, 2009; Sieker et al., 2007). Sie werden oft als »Natural Water Retention Measures« (NWRM) oder »Nature Based Solutions« (NBS) bezeichnet. Wenn der hier vorgestellte Ansatz auf andere Regionen übertragen wird, müssen die Maßnahmen möglicherweise angepasst und ergänzt werden. Dies gilt insbesondere für Landschaften mit einem ausgeprägteren Relief oder mit anderen Niederschlagsmustern.

Die hier dargestellten Maßnahmen werden im Rahmen des IAWAK-EE-Projektes zunächst über dafür entwickelte Algorithmen in den einzelnen Polygonen der Landnutzungskarte ortspezifisch

und standortabhängig verortet. Danach bewerten wir ihre Wirksamkeit hinsichtlich ihres Beitrags zur Kühlung der Landschaft und damit zur Klimaanpassung. Parallel werden die Kosten der Maßnahmen berechnet, sodass über Optimierungsalgorithmen die kosteneffizientesten Maßnahmen ausgewählt werden können.

Bei einer Vielzahl der Maßnahmen ist nicht die Kommune die Adressatin, sondern die Landnutzer. Aus diesem Grund wurde die Handreichung zweigeteilt. Kommunen sollten zwar um die Maßnahmen in Teil 2 „Maßnahmen Außerorts" wissen, aber nicht die Umsetzung fordern bzw. dafür verantwortlich sein, sondern mit den Landnutzern in einen Diskurs kommen.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

2 Maßnahmen Innerorts

2.1 Maßnahmen im Bereich Siedlung

2.1.1 S-I-1: Baumreihen außerorts (Alleen und Baumreihen)

▸ Ziel der Maßnahme

Das Ziel dieser Maßnahme ist die Beschattung und eine höhere Verdunstung durch Bäume an Straßen außerhalb von Ortschaften.

▸ Beschreibung

Die Bäume werden als Baumreihe entweder entlang einer Straßenseite oder an beiden Straßenseiten gepflanzt. Als Alleebaum wird mit Hinblick auf die klimatischen Veränderungen die Winterlinde (*Tilia cordata*) empfohlen. Jeder Baum benötigt ein Pflanzgrube von 12 m^3. Die Bäume werden in einem Abstand von 10 Meter zueinander und 4 Meter von der Straße entfernt gepflanzt. Zwischen der Baumreihe und Straße kann ein Graben mit bindigem Material das ablaufende Wasser aufnehmen und langsam versickern lassen.

Baumreihen tragen auch zur Gliederung der Landschaft bei und bremsen den Wind ab.

Nach der Pflanzung sind zunächst ein Erziehungsschnitt und später weitere Pflegemaßnahmen erforderlich, damit die Verkehrssicherheit gewährt ist. Im Sommer ist ggf. eine Bewässerung, vor allem in den ersten Jahren nach der Pflanzung, erforderlich.

▸ Wirksamkeit

Siehe Maßnahme Baumreihen innerorts, S. 11.

▸ Synergieeffekte

Eine Baumreihe zwischen Straße und Rad- bzw. Fußweg spendet Fußgängern und Radfahrern Schatten. Die Baumreihen sind ein gliederndes Landschaftselement, die den Wind bremsen und so Winderosion und Schneeverwehungen mindern. Sie verbessern die Orientierung bei Nebel und Dämmerung. Für Insekten und Vögel bieten Baumreihen Nahrungs- und Bruthabitate.

▸ Hemmnisse

Platzmangel kann das Anlegen einer Allee bzw. einer Baumreihe verhindern. Gegebenenfalls entstehen Nutzungskonflikte mit der angrenzenden Landnutzung.

▸ Akteure

Straßenmeistereien (Landkreise, Kommunen).

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Bereits bestehende Baumreihen können entweder verlängert oder Lücken, die durch Ausfall von Bäumen entstanden sind, gefüllt werden. An Straßen ohne bestehende Baumreihe kann diese neu angelegt werden.

▸ Planerische Festsetzungen

Planerische Festsetzungen sind in der folgenden Maßnahme S-I-2 Baumreihen innerorts beschrieben.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

2.1.2 S-I-2: Baumreihen innerorts

▸ Ziel der Maßnahme

Das Ziel der Maßnahme ist es, durch die Schattenwirkung und das Verdunstungspotenzial von Bäumen entlang von Straßen und Wegen im Siedlungsraum für eine lokale Absenkung der Lufttemperatur und Erhöhung der Luftfeuchtigkeit zu sorgen.

▸ Beschreibung

Am Straßenrand oder auf Grünflächen können Bäume entweder auf einer oder auf beiden Seiten von Straßen oder Wegen im Abstand von 8 m gepflanzt werden. Nach Möglichkeit sollte eine Baumscheibe hergestellt werden. Gepflanzt werden kann z. B. Ahorn (*Acer platanoides* Globosum, Kugelahorn). Zur Stabilisierung in der Anwuchsphase werden die Bäume mit je drei Pflanzpfählen gestützt. Eine Bewässerung z. B. mithilfe eines wöchentlich zu befüllenden Bewässerungssacks (60 Liter) ist für neu gepflanzte Bäume erforderlich.

Vor allem großkronige Bäume leisten innerorts einen Beitrag zur Kühlung.

▸ Wirksamkeit

Die Wirksamkeit ist abhängig von der Größe (Höhe, Alter) und Dichte der ausgebildeten Laubkrone (Blattflächenindex), der Baumart und der Trockenstresstoleranz. Zum Beispiel hat eine Winterlinde einen 35 % größeren Blattflächenindex (LAI) als eine Robinie und so eine größere Temperaturreduzierung (2,8 K vs. 1,9 K) (Rahman, Hartmann et al., 2020). Baumreihen mit einer geschlossenen Krone kühlen besser (Rahman, Hartmann et al., 2020). Die Verdunstung der Bäume ist zudem über einer Grasfläche deutlich höher als über einer versiegelten Fläche (Rahman, Stratopoulos et al., 2020). An besonders heißen Sommertagen kann eine Kühlung um 8,5 (über Gras) bis 16,4 K (über Asphalt) erreicht werden (Speak et al., 2020). Auch Gillner et al., 2015 zeigen einen Temperaturunterschied von 15,2 K zwischen der Asphaltfläche mit und ohne Beschattung durch Bäume.

▸ Synergieeffekte

Mehr Stadtgrün verbessert die Wohn- und Lebensqualität der Menschen in der Stadt. Für Insekten und Vögel bieten Baumreihen Nahrungs- und Bruthabitate.

▸ Hemmnisse

Hemmnisse sind fehlender Platz bzw. Nutzungskonkurrenz mit Fuß- und Radwegen, der Aufwand zur Umgestaltung bestehender Straßen, sowie die Pflege und die unter Klimawandel phasenweise auch für ältere Bäume notwendige Bewässerung.

▸ Akteure

Umsetzung durch den Baulastträger der jeweiligen Straße (Gemeinde, Landkreis, Bund).

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Baumreihen können entlang der Straßen und Wege innerorts gepflanzt werden, wenn der Platzbedarf zur nächstgelegenen Bebauung ausreicht.

▸ Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Flächen außerhalb des Siedlungszusammenhangs sind als Außenbereich gem. § 35 BauGB zu beurteilen. Dies gilt für Baumreihen Außerorts. Baumreihen Innerorts werden gem. § 34 BauGB behandelt.

Aufgrund der Kleinteiligkeit von Baumreihen und Allee bzw. des Darstellungsmaßstabes des Flächennutzungsplanes können diese im Flächennutzungsplan nur linienhaft bzw. nicht parzellenscharf dargestellt werden. Im fachlichen Begleitplan zum Flächennutzungsplan, dem Landschaftsplan können Baumreihen als Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen im Hinblick auf

- die Anlage oder Anpflanzung von Flurgehölzen, Hecken, Büschen, Schutzpflanzungen, Alleen, Baumgruppen oder Einzelbäumen und
- Erhaltung und Pflege von Baumbeständen und Grünflächen

dargestellt und als konkrete Maßnahme gem. § 5 Abs. 2 Nr. 10 BauGB als Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft, z. B. als linienhafte Darstellung in den Flächennutzungsplan übernommen werden. Gem. § 5 Abs. 2 Nr. 2c BauGB kann diese Maßnahme auch als Anlage bzw. Einrichtung, die der Anpassung an den Klimawandel dienen dargestellt werden. Aufgrund der Maßnahmendarstellung im Flächennutzungsplan ergibt sich für Landnutzer*Innen keine Umsetzungsverpflichtung. Die Darstellung entfaltet erst Bindungswirkung, wenn Landnutzer*Innen Nutzungsänderungen an den Flächen vornehmen, z. B. Umwandlung in Verkehrsflächen, Bauland.

▸ Bebauungsplan und Grünordnungsplan

Werden Gebiete, in denen sich auch geeignete Flächen für diese Maßnahme befinden, durch einen Bebauungsplan planerisch gesteuert, so können Baumneupflanzungen entlang von Straßen durch zeichnerische und textliche Festsetzungen standortgenau verbindlich geregelt werden. Zu beachten ist, dass Pflanz- und Erhaltungsbindungen gem. § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB nicht für Landwirtschaftsflächen und Wald festgesetzt werden können MIL, 2022, sondern als Maßnahmen zum naturschutzrechtlichen Ausgleich gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB festgesetzt werden müssen und so eine dauerhafte Sicherung dieser ökologisch wertvollen Gehölzpflanzungen erreichen. Im Bebauungsplan können Baumreihen und Alleen als Flächen oder Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB entlang von Verkehrsachsen festgesetzt werden oder überlagern die zeichnerische Festsetzung von Straßen-, Schienen-, Wasserachsen durch eine zeichnerische oder textliche Festsetzung einer Pflanzbindungen gem. § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB.

Für Baumreihen Innerorts gilt zusätzlich folgendes. Bei der Entwicklung von neuen Wohn-/Gewerbegebieten durch private Investoren sind die Anlage und Erhaltung dieser Baumneupflanzungen auch durch entsprechende Regelungen im städtebaulichen Vertrag zu flankieren. Dies erreicht die Herstellung und dauerhafte Pflege bzw. Erhaltung dieser Baumneupflanzungen sowie die entsprechenden Sanktionen bei Abgang.

Sollen nur Freiflächen oder Landwirtschaftsflächen planerisch gesteuert werden, z. B. aus Gründen der Klimaanpassung, des Landschaftsbildes oder der Landschaftspflege, so ist der Grünordnungsplan (als Satzung unabhängig vom Bebauungsplan, Anhang 2.2.2) für beide Maßnahmen geeigneter. Baumreihen und Alleen können dabei als Entwicklungsmaßnahme im Grünordnungsplan festgelegt werden. Kommunen sind dann auch für die Überprüfung der im Grünordnungsplan festgesetzten Maßnahmen zuständig.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

2.1.3 S-I-3: Pergola

▸ Ziel der Maßnahme

Die Überdachung von Gehwegen mit einer Pergola hat die Kühlung eines Bereichs zum Ziel, der von Menschen in der Stadt häufig genutzt wird. Gehwege sind meist versiegelt, selten im Schatten und damit stark aufgeheizt.

▸ Beschreibung

Die Pergola („Green Cocoon") besteht aus einem länglichen Rankgestell, welches in großen Bögen oder als ebenes Dach auf Pfeilern eine versiegelte Fläche, wie z. B. einen Gehweg oder einen Parkplatz, überspannt. Das „Dach" der Pergola besteht aus rankenden Pflanzen, z. B. *Wisteria* (Blauregen). Die Pflanzen werden in einem Abstand von 3 Metern neben den Pfeilern in den Boden gepflanzt. Im Sommer müssen die Pflanzen bei Bedarf bewässert werden.

Beispiel für eine Pergola im Siedlungsgebiet.

▸ Wirksamkeit

Beschattete Gehwege sind vor allem in heißen und trockenen Regionen der Welt verbreitet, wobei der Einsatz von Pergolen nur selten zu finden ist (z. B. in Bangkok, Expo 2020 in Dubai). Dabei ist der positive Effekt einer Pergola nachgewiesen: Die Lufttemperatur unter ihr kann im Durchschnitt 8,1 K geringer sein als über einem Betondach (Alexandri & Jones, 2006).

▸ Synergieeffekte

Mehr Stadtgrün verbessert die Wohn- und Lebensqualität der Menschen in der Stadt. Zudem leistet sie einen Beitrag zur menschlichen Gesundheit und verhindert, dass Menschen, die zu Fuß unterwegs sind, zu stark durch direkte und langandauernde Sonneneinstrahlung belastet werden.

▸ Hemmnisse

Auch eine Pergola benötigt etwas Platz, regelmäßige Pflege und eine ausreichende Bewässerung. Die nachträgliche Installation ist aufwendiger (z. B. Pflanzlöcher in Gehwegen, Berücksichtigung des Leitungsnetzes) als die planerische Einbeziehung der Pergola bei der Sanierung und Neuanlage von Wegen und Plätzen.

▸ Akteure

Besitzer öffentlicher Grundstücke.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Gehwege und versiegelte Bereiche.

▸ Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Aufgrund der Kleinteiligkeit von Pergolen bzw. des Darstellungsmaßstabes des Flächennutzungsplanes können diese im Flächennutzungsplan nicht dargestellt werden. Im Flächennutzungsplan kann und sollte aber auf die thermischen Belastungsräume aufmerksam gemacht werden, z. B. durch Beikarten bzgl. Überwärmungsbereichen. Diese Darstellungen begründen die Maßnahmen

in nachfolgenden Bebauungsplänen.

Im fachlichen Begleitplan zum Flächennutzungsplan, dem Landschaftsplan ist die Darstellung von Pergolen als Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen vorstellbar als Anlage oder Anpflanzung von Flurgehölzen, Hecken, Büschen, Schutzpflanzungen, Alleen, Baumgruppen oder Einzelbäumen.

Aufgrund der Kleinteiligkeit und Darstellbarkeit im Flächennutzungsplan ist ggf. die Ausweisung von Siedlungsflächen im hohem Grünanteil sinnvoll, innerhalb derer verschiedene Maßnahmen, z. B. Baumgruppen, Pergolen, Aufforstung vorgesehen werden. Gem. § 5 Abs. 2 Nr. 2c BauGB kann diese Maßnahme auch als Anlage bzw. Einrichtung, die der Anpassung an den Klimawandel dienen dargestellt werden. Aufgrund der Maßnahmendarstellung im Flächennutzungsplan ergibt sich für Landnutzer*Innen keine Umsetzungsverpflichtung.

▸ Bebauungsplan und Grünordnungsplan

Pergolen im Siedlungsbereich bzw. an/auf versiegelten Flächen können im Bebauungsplan gem. § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB mittels Pflanzbindung verbindlich und standortgenau geregelt werden. Auf bzw. an Verkehrsflächen, z. B. Gehwegen, Plätzen können diese als Verkehrsfläche besonderer Zweckbestimmung gem. § 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB festgesetzt werden. Dabei wird die zeichnerische Festsetzung (Planzeichen PlanZV Nr. 6.3.) durch Zweckbestimmungen, wie „Stadtplatz“ oder „Gestaltung Mischverkehrsfläche mit hohem Grünanteil“ bzw. die entsprechende textliche Festsetzung konkretisiert.

Die Überdachung von Stellplatzanlagen, Parkplätzen gem. § 9 Abs. 1 Nr. BauGB durch Pergolen kann durch eine entsprechende textliche Festsetzung verbindlich geregelt werden.

Textvorschlag: *Nebenanlagen außerhalb der überbaubaren Flächen sind z. B. durch eine Pergola oder selbstklimmende Pflanzen einzugrünen.*

Aufgrund der Lage der Pergola auf versiegelten Flächen sind diese nicht als Kompensationsmaßnahme im Sinne des naturschutzfachlichen Ausgleichs anrechenbar.

▸ Informelle Planungsinstrumente

Verkehrsflächen und Straßen sind in unterschiedlicher Trägerschaft (Bund, Land, Landkreis, Kommune). Daher bedarf die Umsetzung von Pflanzungen auf diesen Flächen vor allem die Flächenverfügbarkeit und die Abstimmung mit den Straßenbaulastträgern, z. B. bzgl. Verkehrssicherheit, Pflege und Unterhaltung.

Sind Kommunen selbst Flächeneigentümer, liegt es in der Verantwortung der Kommune durch eigenes Handeln diese Maßnahmen umzusetzen. Hierbei helfen z. B. Leitbilder der Kommune und Selbstbindungsbeschlüsse, die das Verwaltungshandeln entsprechend vorgeben.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

2.1.4 S-II-1: Baumgruppen im Siedlungsraum

▸ Ziel der Maßnahme

Durch Verdunstung und Schattenwirkung senken Baumgruppen die Lufttemperatur und erhöhen die Luftfeuchtigkeit in ihrer unmittelbaren Umgebung.

▸ Beschreibung

Oftmals ist trotz der vorteilhaften Wirkung nur ein kleiner Teil von Freiflächen mit Bäumen bestanden. Wir schlagen vor, 60 % der Freiflächen mit Bäumen zu bepflanzen (Bezug: Kronendach). Ggf. müssen hierfür auch Flächen entsiegelt werden. Die verbleibenden Bereiche ohne Baumbestand dienen verschiedenen Nutzungen wie Spielrasen und Wäscheplätzen und tragen zum Luftaustausch mit der Umgebung bei.

Baumgruppen im Siedlungsraum können das Kleinklima ausgleichen.

Bei der Neuanlage werden Gruppen von jeweils drei heimischen Laubbäumen vorgeschlagen, wie Eichen, Ahorn und Linden, die später ein geschlossenes Kronendach bilden sollen. Auf größeren Flächen können mehrere Baumgruppen angelegt werden (eine Baumgruppe benötigt 250 m² Platz). Sind bereits einige Bäume auf der Fläche vorhanden, die jedoch weniger als 60 % der Fläche überschirmen, kann der vorhandene Baumbestand verdichtet werden.

▸ Wirksamkeit

Bäume können eine erheblich größere Kühlleistung als Klimaanlagen erreichen (Kravčík et al., 2007). Aber nicht alle Bäume kühlen in gleicher Weise. Zum Beispiel hat eine Winterlinde einen 35 % größeren Blattflächenindex (LAI) als eine Robinie – was zu einem Unterschied in der Temperaturreduzierung von 2,8 K vs. 1,9 K führt (Rahman, Hartmann et al., 2020). Bäume über einer Grasfläche kühlen besser als auf versiegelten Standorten (Rahman, Stratopoulos et al., 2020) und Baumgruppen besser als Solitärbäume (Rahman, Hartmann et al., 2020) oder zerstreut stehende Bäume (Zhao, Sailor & Wentz, 2018; Fan, Myint & Zheng, 2015; Myint et al., 2015; Greene & Kedron, 2018).

▸ Synergieeffekte

Mehr Stadtgrün verbessert die Wohn- und Lebensqualität der Menschen in der Stadt. Für Insekten und Vögel bieten Baumgruppen Nahrungs- und Bruthabitate.

▸ Hemmnisse

Bäume müssen gepflegt werden. Vor allem in der Anwuchsphase nach der Pflanzung ist eine ausreichende Bewässerung erforderlich. Das herabgefallene Laub muss ggf. eingesammelt werden.

▸ Akteure

Grundeigentümer.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Grünflächen (Kleingärten ausgenommen) im Siedlungsbereich, bei denen weniger als 60 % ihrer

Gesamtfläche (ohne Gebäude) mit Baumkronen überschirmt ist.

► Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Aufgrund der Kleinteiligkeit der Baumgruppen im Siedlungsbereich verhält es sich im Flächennutzungs- und Landschaftsplan wie mit der Maßnahme S-I-3 Pergola.

► Bebauungsplan und Grünordnungsplan

Die Anlage von Baumgruppen kann im Bebauungsplan gem. § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB mittels Pflanzbindung verbindlich, standortgenau sowie bzgl. der Artenauswahl geregelt werden. Sind Lage und Dimension der Baumgruppe noch unklar, so bieten sich textliche Festsetzungen an. Da Baumneupflanzungen im Rahmen des naturschutzfachlichen Ausgleichs als Kompensationsmaßnahme anrechenbar sind, sollten die textlichen Festsetzungen auch entsprechende Vorgaben zur Pflanzqualität enthalten. Baumgruppen, die als Kompensationsmaßnahme im Bebauungsplan festgesetzt sind, sind dauerhaft zu erhalten bzw. bei Abgang wieder herzustellen. Die Überprüfung obliegt der Kommune. Bei der Entwicklung von neuen Wohn-/Gewerbegebieten durch private Investoren sind die Anlage und Erhaltung dieser Baumgruppen auch durch entsprechende Regelungen im städtebaulichen Vertrag zu flankieren.

Sollen nur Freiflächen oder Landwirtschaftsflächen planerisch gesteuert werden, z. B. aus Gründen der Klimaanpassung, des Landschaftsbildes oder der Landschaftspflege, so ist der Grünordnungsplan (als Satzung unabhängig vom Bebauungsplan, Anhang 2.2.2) geeigneter. Baumgruppen können dabei als Entwicklungsmaßnahme im Grünordnungsplan festgelegt werden. Kommunen sind dann auch für die Überprüfung der im Grünordnungsplan festgesetzten Maßnahmen zuständig.

► Örtliche Satzung

Der Erhalt von Baumgruppen und Einzelbäumen auf privaten Flächen in bestehenden Siedlungsbereichen kann z. B. über Baumschutzsatzungen erreicht werden (Anhang 2.2.5.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

2.1.5 S-II-2: Aufforstung urbaner Brachflächen

▸ Ziel der Maßnahme

Der Waldanteil in der Stadt soll durch Aufforstung von Brachflächen mit verdunstungsstarken und klimaangepassten Bäumen erhöht werden.

▸ Beschreibung

Auf der Brachfläche werden verschiedene Laubbaumarten gepflanzt. Wir empfehlen eine Mischung aus 2-3-jährigen Traubeneichen, Rotbuchen und Hainbuchen zu gleichen Teilen mit mindestens 6000 Pflanzen pro ha. Die Schonung wird mit einem Wildzaun zum Schutz vor Wildverbiss umzäunt. Bis die jungen Bäume die Begleitvegetation (Adlerfarn, Gräser, Brombeeren) überragen, muss diese im Sommer und vor dem Winter gemäht werden. Der Waldrand sollte mit gebietsheimischen Baum- und Straucharten wie Gemeine Hasel, Felsenbirne, Weißdorn, Hartriegel, Heckenkirsche, Heckenrose, Himbeere, Holunder und Pfaffenhütchen gestaltet werden.

Aufforstung einer Brachfläche im urbanen Raum.

Bei versiegelten Brachen muss das wasserundurchlässige Material entfernt und im Anschluss neuer Boden aufgetragen werden, bevor die Pflanzung erfolgen kann.

▸ Wirksamkeit

Die Wirkung dieser Maßnahme, d. h. die Verdunstungsleistung der Fläche, hängt von der Dichte des Bewuchses und deren Wasserversorgung ab. Der Effekt ändert sich über die Zeit.

▸ Synergieeffekte

Die Fläche ist ein neuer Lebensraum für Pflanzen und Tiere, ggf. auch eine Verbindung zu angrenzenden Waldbiotopen. Das Landschaftsbild der Siedlung wird aufgewertet. Die Fläche kann auch zum Rückhalt bei Starkregen beitragen und Erosion verhindern.

▸ Hemmnisse

Hemmnisse können ungeklärte Eigentumsverhältnisse sein sowie das Vorliegen (oder der Verdacht) einer Altlastenfläche, was zu erheblichen Kostensteigerungen führen kann. Auch besitzen manche Brachflächen bereits wieder einen Wert für den Naturschutz, wenn z. B. ungenutzte Gebäude durch Gebäudebrütende Vögel oder Fledermäuse besiedelt werden.

▸ Akteure

Grundeigentümer.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Brachflächen, etwa Industrie- und Gewerbebrachen, landwirtschaftliche Brachen (v.a. ehemalige Stallungen etc.) sowie Gartenbrachen und Ruderalflächen mit ausreichender Flächengröße.

▸ Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Im Flächennutzungsplan ist die Darstellung von Waldflächen sowie Aufforstungsflächen zulässig.

Im fachlichen Begleitplan zum Flächennutzungsplan, dem Landschaftsplan ist die Aufforstung urbaner Flächen als Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen im Hinblick auf

- Freiflächen, die zur Erhaltung oder Verbesserung des örtlichen Klimas von Bedeutung sind,
- Vermeidung von Bodenerosionen, zur Regeneration von Böden sowie zur Erhaltung und Förderung eines günstigen Bodenzustandes und
- Erhaltung oder Verbesserung des Grundwasserdargebots, Wasserrückhaltung und Renaturierung von Gewässern

darstellbar und kann als konkrete Maßnahme gem. § 5 Abs. 2 Nr. 10 BauGB als Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft in den Flächennutzungsplan übernommen werden. Aufgrund der Kleinteiligkeit und Darstellbarkeit im Flächennutzungsplan ist ggf. die Ausweisung von Siedlungsflächen im hohem Grünanteil sinnvoll, innerhalb derer verschiedene Maßnahmen, z. B. Baumgruppen, Pergolen, Aufforstung vorgesehen werden. Gem. § 5 Abs. 2 Nr. 2c BauGB kann diese Maßnahme auch als Anlage bzw. Einrichtung, die der Anpassung an den Klimawandel dienen dargestellt werden. Aufgrund der Maßnahmendarstellung im Flächennutzungsplan ergibt sich für Landnutzer*Innen keine Umsetzungsverpflichtung.

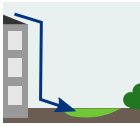
▸ Bebauungsplan und Grünordnungsplan

Im Bebauungsplan können Erstaufforstungsflächen gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB als Flächen oder Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft festgesetzt werden. Erstaufforstung ist im Land Brandenburg eine anerkannte Ausgleichsmaßnahme im Sinne des naturschutzrechtlichen Ausgleichs. Eine Erstaufforstung bedarf gem. § 9 des Waldgesetzes des Landes Brandenburg (LWaldG) der Genehmigung.

Sollen nur Freiflächen oder Landwirtschaftsflächen planerisch gesteuert werden, z. B. aus Gründen der Klimaanpassung, des Landschaftsbildes oder der Landschaftspflege, so ist der Grünordnungsplan (als Satzung unabhängig vom Bebauungsplan, Anhang 2.2.2) geeigneter. Zu beachten ist, dass diese Maßnahme dauerhaft festgesetzt wird bzw. durch Landnutzer*Innen umgesetzt werden muss – ein Wechsel der Nutzungsart, z. B. Verkehrsfläche, Siedlungsfläche ist dann nicht mehr zulässig bzw. bedarf der Waldumwandlung. Auch hierbei bedarf es gem. § 9 des Waldgesetzes des Landes Brandenburg (LWaldG) der Genehmigung. Eine frühzeitige Abstimmung mit der Unteren Naturschutz- und Forstbehörde ist erforderlich.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

2.1.6 S-III-1: Versickerung von Niederschlagswasser über Mulden im Garten – Rain gardens



▸ Ziel der Maßnahme

Niederschlagswasser von Dächern soll direkt vor Ort versickern können. Über eine bepflanzte Mulde kann ein Teil des Wassers gleich wieder verdunsten.

▸ Beschreibung

Versickerungsmulden können mit heimischen Feuchtgebietspflanzen naturnah gestaltet werden.

Das Niederschlagswasser wird vom Dach in eine bewachsene Mulde geleitet. Um den Boden nicht mit Schwermetallen zu belasten, ist unter Umständen der Einbau einer Filteranlage unterhalb des Fallrohres erforderlich. Die Mulde sollte einen ausreichenden Abstand zum Gebäude haben ($\geq$ 5 m), damit am Gebäude keine Feuchteschäden auftreten. Die Größe der bewachsenen Mulde sollte 20 % des abflusswirksamen Daches betragen (Bortolini & Zanin, 2018). Die Mulde selbst sollte an den Rändern mit abdichtendem Boden, nach unten mit einem Boden mit höherer Wasserspeicherfähigkeit ausgestattet sein. Die Mulde wird bepflanzt, entweder mit Gräsern und Kräutern, die gemäht werden können, oder mit an den Standort angepassten Stauden. Mit der Bepflanzung wird die Qualität des Sickerwassers verbessert, da die Pflanzen Nährstoffe aus dem Dachablaufwasser aufnehmen (Denman, May & Moore, 2016).

▸ Wirksamkeit

Die Kühlwirkung ist durch die Größe der Struktur eher lokal, die Verdunstung kann aber durchaus 1,5 bis 9 mm/Tag bzw. zwischen 21 und 84 % des Niederschlags erreichen (Ebrahimian, Wadzuk & Traver, 2019).

▸ Synergieeffekte

Da der Boden in der Mulde die Wassermenge von der Dachfläche nicht vollständig speichern wird, trägt ein erheblicher Teil des Abflusswassers zur Grundwasserneubildung bei. Außerdem wird vor allem bei Starkregenereignissen das Kanalsystem entlastet. Für den Grundstücksbesitzer fallen ggf. keine Entwässerungsgebühren mehr an.

▸ Hemmnisse

Hemmnisse können der benötigte Platz und der Eingriff in die Gartengestaltung sein.

▸ Akteure

Alle privaten und öffentlichen Grundstückseigentümer mit einem Gebäude und einer zugehörigen Gartenfläche.

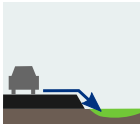
▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Die Maßnahme wird in Wohn- und Mischgebieten mit Einzel- und Reihenhausbebauung sowie für Gemeindebedarfsflächen (z. B. Krankenhäuser) vorgeschlagen.

▸ Planerische Festsetzungen

Planerische Festsetzungen sind in der folgenden Maßnahme S-III-2 Mulden an Straßen beschrieben.

2.1.7 S-III-2: Mulden an Straßen



▸ Ziel der Maßnahme

Von Verkehrsflächen ablaufendes Niederschlagswasser soll ortsnah in bewachsenen Mulden versickern bzw. verdunsten und so zum Kühleffekt der Umgebung beitragen.

▸ Beschreibung

Das Niederschlagswasser fließt von Verkehrsflächen wie Parkplätzen, Parktaschen und Straßen in eine parallel verlaufende Versickerungsmulde, die aus Bodenmaterial besteht. Die Vegetation der Mulde besteht entweder aus Gras oder aus Gras und Bäumen. Die Mulden mit Gras beanspruchen etwa 20 % der abflusswirksamen Verkehrsfläche. Unter einem humosen Oberboden (etwa 0,2 m^3/lfm) wird ein Feinsand-Schluff-Gemisch mit einer Wasserdurchlässigkeit von 10^{-5} m/s (etwa 1,7 m^3/lfm) eingebracht. Der Pflegeaufwand ist gering. Angesammeltes Sediment und andere Partikel sollten von Zeit zu Zeit entfernt werden. Bäume erhöhen die Verdunstungsleistung (Szota et al., 2018). Sie müssen gepflegt werden. Ein typischer Muldenabschnitt mit einem Baum ist 2 m breit, 6 m lang und wird 1,8 m tief ausgehoben – es verbleiben 0,30 cm Sohltiefe als Stauraum. Als Baumart ist die Stieleiche *Quercus robur* zu empfehlen. Das Bodenmaterial des Pflanzloches sollte einen k_f-Wert von 10^{-6} m/s haben.

Vorhandene Strassengräben können in Versickerungsmulden umgestaltet werden.

▸ Wirksamkeit

Versickerungsmulden mit Bäumen wirken sich positiver auf die Abflussreduzierung aus als andere Mulden- bzw. Rückhaltesysteme (Bixler et al., 2020). Die Verdunstungsmenge ist größer als auf einer Grasfläche (Tirpak, Hathaway & Franklin, 2019). Sie ist u. a. von der Baumart, dem Bedeckungsgrad und der Bodenbedeckung abhängig (Zardo et al., 2017).

▸ Synergieeffekte

Bei Starkregenereignissen wird die Überschwemmung der Verkehrsfläche und Überlastung des Kanalsystems vermieden. Sickerwasser trägt zur Grundwasserneubildung bei (Bonneau et al., 2017). Die Filterwirkung des Bodens reinigt das Sickerwasser von Schadstoffen (Gavrić et al., 2019) und verringert die Stickstofffrachten (Dagenais, Brisson & Fletcher, 2018). Das Wasser in den Mulden versorgt zugleich die Bäume, wobei Staunässe vermieden werden soll (Grey et al., 2018).

▸ Hemmnisse

Der für die Mulden benötigte Platz kann begrenzend sein. Bei bereits vorhandenen Verkehrsflächen, vor allem bei Parkplätzen, müsste ein Teil der versiegelten Fläche entfernt und damit die Fläche verkleinert werden. Zudem ist ein gewisser Pflegeaufwand erforderlich.

▸ Akteure

Grundeigentümer, Straßenmeistereien.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Am Rand von versiegelten Straßen, Plätzen, Promenaden und Parkplätzen.

▸ Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Die Vorgaben von Wasserschutzgebieten und der Versickerungsfreistellungsverordnung (BbgVersFreiV; siehe Anhang 7.5) sind in der Maßnahme S-III-1 sowie S-III-2 zu beachten.

Aufgrund der Kleinteiligkeit von Mulden bzw. des Darstellungsmaßstabes des Flächennutzungsplanes können diese im Flächennutzungsplan nicht dargestellt werden. Im Flächennutzungsplan kann und sollte aber auf Bereiche aufmerksam gemacht werden, die aufgrund thermischer Belastungen (Überhitzung) oder der Gefährdung bei Starkregen (Überschwemmung) problematisch sind. Diese Darstellungen begründen die Maßnahmen in nachfolgenden Bebauungsplänen. Im fachlichen Begleitplan zum Flächennutzungsplan, dem Landschaftsplan, ist die dezentrale Niederschlagsversickerung als Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen denkbar:

- den Arten- und Biotopschutz unter Berücksichtigung der Ausbreitungslinien von Tieren und Pflanzen wild lebender Arten, insbesondere der besonders geschützten Arten,
- Freiflächen, die zur Erhaltung oder Verbesserung des örtlichen Klimas von Bedeutung sind
- Vermeidung von Bodenerosionen, Regeneration von Böden sowie zur Erhaltung und Förderung eines günstigen Bodenzustandes,
- Erhaltung oder Verbesserung des Grundwasserdargebots, Wasserrückhaltung und Renaturierung von Gewässern.

Die Ausweisung von Siedlungsbereichen, in denen Niederschlagswasser dezentral versickert werden soll, kann als Entwicklungsmaßnahme für die geeigneten Flächen im Landschaftsplan dargestellt und gem. § 5 Abs. 2 Nr. 10 BauGB in den Flächennutzungsplan übernommen werden. Gem. § 5 Abs. 2 Nr. 2c BauGB können Mulden auch als Anlagen, die der Anpassung an den Klimawandel dienen dargestellt werden. Aufgrund der Maßnahmendarstellung im Flächennutzungsplan ergibt sich für Landnutzer*Innen keine Umsetzungsverpflichtung.

▸ Bebauungsplan und Grünordnungsplan

Die Versickerung ist die bevorzugte Behandlung von Niederschlagswasser. Bebauungspläne, die die Niederschlagsentwässerung nur unzureichend berücksichtigen, können unwirksam sein (siehe Anhang 7.5.1). Die Anlage von Versickerungsmulden kann im Bebauungsplan durch die zeichnerische Festsetzung gem. § 9 Abs. 1 Nr. 14 BauGB, als Flächen für die Versickerung von Niederschlagswasser oder gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB von Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft konkret und standortgenau festgesetzt werden. Darüber hinaus können gem. § 9 Abs. 1 Nr. 16d BauGB für Baugrundstücke Flächen festgesetzt werden, die für die natürliche Versickerung von Niederschlagswasser freigehalten werden müssen. Hierbei sind Überlagerungen untereinander sowie mit anderen Festsetzungen, z. B. allgemeines Wohngebiet, private Grünfläche möglich. Die Festsetzungen sind durch entsprechende Regelungen in städtebaulichen Verträgen zu flankieren.

Für die Maßnahme S-III-1 Versickerung von Niederschlagswasser über Mulden kann zusätzlich über eine *Örtliche Satzung* geregelt werden: Die Verpflichtung von Grundstückseigentümern*Innen zur dezentralen Niederschlagsversickerung in bestehenden Siedlungsbereichen kann z. B. über eine Niederschlagswassersatzung erreicht werden. Beispiel: Niederschlagswassersatzung Stadt Werneuchen (Anhang 2.2.4.2).

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

2.1.8 S-IV-1: Fassadenbegrünung

▸ Ziel der Maßnahme

An der Hausfassade rankende Pflanzen kühlen über ihre Verdunstung die unmittelbare Umgebung und beschatten die Hauswand. Damit wird auch das Aufheizen von Gebäuden in Hitzeperioden abgemildert.

▸ Beschreibung

Es werden Rankhilfen an den Gebäuden angebracht und die Rankpflanzen in den Boden gesetzt. Rankhilfen können z. B. aus gespannten Drahtseilen bestehen. Je nach Standort und gewünschter Rankhöhe kommen verschiedene Rankpflanzen infrage, z. B. Clematis-Arten. Bei Bedarf müssen die Pflanzen bewässert werden. Es wird mit einem Bedarf von 3 L/Pflanze und Tag gerechnet. Dafür kann ggf. Wasser vom Dachablauf in einer Zisterne gesammelt werden.

Fassadenbegrünung mit Wildem Wein beim Austrieb im Frühjahr

▸ Wirksamkeit

Die Verdunstungsleistung der Pflanzen erhöht die Luftfeuchtigkeit und reduziert die Lufttemperatur um bis zu 8,7 K (Shafiee et al., 2020; Lei et al., 2019) in Außenbereichen, sowie 0,8 bis 4,8 K in Innenräumen (Lei et al., 2019). Der Temperaturunterschied zwischen einer begrünten und einer unbegrünten Fassade liegt zwischen 1 und 31,9 K (Besir & Cuce, 2018) bzw. 12 bis 20 K (Mazzali et al., 2013).

▸ Synergieeffekte

Die Fassadenbegrünung kann als zusätzlich Dämmschicht zum Energiesparen (Kühlung, Heizung) beitragen. Die Pflanzen schützen die Bausubstanz vor mechanischen und chemischen Umwelteinflüssen, z. B. durch Immobilisierung von Schadstoffpartikeln aus dem angrenzenden Straßenverkehr (Ysebaert et al., 2021). Bestimmte Obstgehölze können als Spalier gepflanzt werden. Durch das Geflecht der Pflanzen und dem Einsatz bestimmter Pflanzenarten entstehen neue Habitate für Tiere. Fassadenbegrünung kann Wände gestalterisch aufwerten und damit die Lebensqualität der Anwohner verbessern.

▸ Hemmnisse

Die Pflanzen müssen gepflegt und bewässert werden. Die Verankerung der Rankhilfe greift ins Mauerwerk ein. Dies ist entweder nicht gewünscht oder die Fassade ist dafür nicht geeignet. Rankhilfen und ggf. eine Zisterne müssen unterhalten werden.

▸ Akteure

Jeder Eigentümer von Gebäuden. Dazu zählen sowohl Wohn- als auch Geschäfts- und Bürogebäude sowie Lager- und Produktionshallen. Auch Parkhäuser können eine Fassadenbegrünung erhalten.

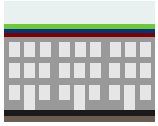
▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Gebäudebestand.

▸ Planerische Festsetzungen

Planerische Festsetzungen sind in der folgenden Maßnahme S-IV-2 Dachbegrünung beschrieben.

2.1.9 S-IV-2: Dachbegrünung



▸ Ziel der Maßnahme

Durch die Vegetation auf den Dächern kann Wasser verdunsten, sodass die Dächer und ihre direkte Umgebung gekühlt werden.

▸ Beschreibung

Begrünt werden vor allem Flachdächer. Auf diesen wird ein Unterbau aus Abdichtschicht, Wurzelschutz, Wasserspeicher, Dränschicht, Filtervlies und Bodensubstrat installiert. Je nach Ziel und möglicher Dachlast (und damit unterschiedlich mächtigem Boden) können dann Gräser oder niedrige Stauden, aber auch üppigere Stauden bis hin zu Sträuchern und kleinen Bäumen wachsen. Ihnen steht ein Teil des Niederschlagswassers zur Verfügung, ein Überschuss etwa in längeren Regenphasen wird über die Dachentwässerung abgeführt. Der Pflegeaufwand ist gering; eine Bewässerung kann vor allem im ersten Jahr als Anwuchspflege notwendig sein. Später kann ein Schnitt notwendig werden.

Ein intensiv begrüntes Dach.

▸ Wirksamkeit

Wenn sich die Vegetationsdecke geschlossen hat, kann die Umgebungstemperatur um 0,3 bis 3,0 K reduziert werden. Im Sommer kann durch die Dachbegrünung die Oberflächentemperatur um 12K reduziert werden (Besir & Cuce, 2018). In den Innenräumen der Gebäude konnten 0,3 bis 0,7 K niedrigere Temperaturen gemessen werden (Morakinyo, Dahanayake & Ng, 2017).

▸ Synergieeffekte

Gründächer puffern Niederschlagsspitzen ab, verbessern das Raumklima im Gebäude (Dämmwirkung) und bieten zusätzliche Blühflächen für Insekten.

▸ Hemmnisse

Viele bestehende Dächer sind ungeeignet, da sie zu stark geneigt sind oder die zusätzliche Dachlast (ca. 150 kg/m² bei wassergesättigtem Zustand) statisch nicht tragen können. Dazu kommen die Investitionskosten und der Pflegeaufwand.

▸ Akteure

Eigentümer von Gebäuden mit flachen oder nur leicht geneigten Dächern.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Wohn- und Mischgebiete, aber auch Garagenkomplexe, Kleingartenanlagen, Wochenendhäuser und landwirtschaftliche Stallungen.

▸ Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Aufgrund der Kleinteiligkeit von Fassen- sowie Dachbegrünung bzw. des Darstellungsmaßstabes des Flächennutzungsplanes können diese im Flächennutzungsplan nicht dargestellt werden. Im Flächennutzungsplan kann und sollte aber auf die thermischen Belastungsräume aufmerksam

gemacht werden, z. B. durch Beikarten bzgl. Überwärmungsbereichen. Der Landschaftsplan als fachlicher Begleitplan zum Flächennutzungsplan kann auf Quartiersebene Zielvorstellungen entwickeln. Im Flächennutzungsplan ist ggf. die Ausweisung von Siedlungsflächen im hohem Grünanteil sinnvoll, innerhalb derer verschiedene Maßnahmen, z. B. Baumgruppen, Entsieglung und Begrünung vorgesehen werden. Diese Darstellungen und Beschreibungen begründen die Maßnahmen in nachfolgenden Bebauungsplänen.

▸ Bebauungsplan und Grünordnungsplan

Die Dach- sowie Fassadenbegrünung kann im Bebauungsplan gem. § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB mittels Pflanzbindung für sonstige Bepflanzungen verbindlich inkl. Aufbau und Artenauswahl geregelt werden. Die Begrünung von Dächern ist im Land Brandenburg eine anerkannte Kompensationsmaßnahme im Rahmen des naturschutzfachlichen Ausgleichs. Bzgl. des Aufbaus und ggf. der Artenauswahl bedarf es der Abstimmung mit der unteren Naturschutzbehörde.

Textvorschlag Fassadenbegrünung: *Außenwände von Gebäuden, deren Fensterabstand mehr als 5 m beträgt, sowie fensterlose Fassaden sind mit Schling- oder Kletterpflanzen zu begrünen; je 2 m Wandlänge ist mindestens eine Pflanze zu verwenden.*

Textvorschlag für Nebenanlagen: *Dächer und Außenwände von Garagen sind vollständig zu begrünen. Je 2,5 m Fassadenlänge ist mindestens eine zur Fassadenbegrünung geeignete Kletterpflanze zu pflanzen. Dies gilt nicht für Beleuchtungsflächen und die Zufahrtseite der Garage.*

Textvorschlag Dachbegrünung: *Dachflächen mit einer Neigung von weniger als 20 Grad sind durch extensive Bepflanzung zu begrünen. Dies gilt nicht für technische Anlagen und Belichtungsflächen.*

Bei der Entwicklung von neuen Wohn-/ Gewerbegebieten durch private Investoren sind Fassadenbegrünungen auch durch entsprechende Regelungen im städtebaulichen Vertrag zu flankieren. Dies erreicht die Herstellung und dauerhafte Pflege bzw. Erhaltung sowie die entsprechenden Sanktionen bei Abgang.

▸ Örtliche Bauvorschriften

Gem. § 87 Brandenburgischer Bauordnung (BbgBO) können Gemeinde örtliche Bauvorschriften erlassen u. a. über

- besondere Anforderungen an die äußere Gestaltung baulicher Anlagen und anderer Anlagen und Einrichtungen sowie die Notwendigkeit oder das Verbot von Einfriedungen und das Verbot von Schottergärten,
- die Begrünung baulicher Anlagen.

Örtliche Bauvorschriften können in einen Bebauungsplan übernommen oder aber eigenständig als Satzung beschlossen werden. Dies ermöglicht Kommunen die verbindliche Regelung von Fassadenbegrünung im unbeplanten Innenbereich gem. § 34 BauGB.

Es empfiehlt sich, die Themen Dach- und Fassadenbegrünung sowie Verbot von Schottergärten in einer zusammengefassten örtlichen Bauvorschrift zu regeln.

Beispiel: Begrünungs- und Gestaltungssatzung – Stadt Ingolstadt

Für die Maßnahme S-IV-2 Dachbegrünung kann zusätzlich über eine *Örtliche Satzung* geregelt werden: Die Verpflichtung von Grundstückseigentümern*Innen zur dezentralen Niederschlagsversickerung in bestehenden Siedlungsbereichen kann z. B. über eine Niederschlagswassersatzung erreicht werden. Flankierend zu einer kommunalen Niederschlagswassersatzung können auch reduzierte Abwassergebühren bei entsiegelten Flächen bzw. Gründächern Anreize für Private darstellen. Dies betrifft aber nur Grundstücke, die an kommunale Niederschlagswasserbeseitigungsanlagen angeschlossen sind (Anhang 2.2.4.2).

2.1.10 S-V-1: Entsiegelung und Begrünung

▸ Ziel der Maßnahme

Nicht mehr genutzte, aber versiegelte Flächen sollen wieder in den aktiven Wasserkreislauf eingebunden werden. Das Niederschlagswasser kann wieder an Ort und Stelle versickern und steht einer sich neu ausbildenden Vegetation zur Verfügung.

▸ Beschreibung

Auf versiegelten Brachflächen sind die Asphalt- oder Betonschichten einschließlich des Unterbaus zu entfernen. Anschließend muss neuer Boden aufgetragen werden. Danach kann eine Gras-Kräuter-Mischung eingesät oder, je nach angedachter Funktion der Fläche, eine andere Vegetation etabliert werden.

Eine noch versiegelte, aber schon lange nicht mehr genutzte Fläche, die von der Maßnahme profitieren könnte.

▸ Wirksamkeit

Die Wirkung dieser Maßnahme, d. h. die Verdunstungsleistung der Fläche, hängt von der Dichte des Bewuchses und deren Wasserversorgung ab. Der Effekt sollte nach Etablierung der neuen Vegetationsdecke mit dem vorhandener Grünflächen vergleichbar sein.

▸ Synergieeffekte

Die wieder erlangte Versickerungsfähigkeit der Flächen trägt zur Grundwasserneubildung und ggf. zur Kappung von Niederschlagsspitzen bei. Die Lebensraumfunktion für Pflanzen und Tiere wird wiederhergestellt und ggf. können Lücken im Biotopverbund geschlossen werden. Die Entsiegelung wertet die Fläche auch ästhetisch auf und verbessert das Wohnumfeld.

▸ Hemmnisse

Gegebenenfalls ist mit Altlasten zu rechnen. Leerstehende Gebäude können Gebäudebrütende Vögel und Fledermäuse beherbergen.

▸ Akteure

Grundeigentümer.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Brachflächen von Industrie und Gewerbe ebenso wie landwirtschaftliche Brachen (Stallungen) sowie Gemeinbedarfsflächen mit geringem Grünflächenanteil.

▸ Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Je nach Größe der Maßnahmenfläche muss ggf. die Darstellbarkeit im Flächennutzungsplan überprüft werden. Im Flächennutzungsplan kann und sollte auf Bereiche aufmerksam gemacht werden, die aufgrund thermischer Belastungen (Überhitzung) oder der Gefährdung durch Starkregen (Überschwemmung) problematisch sind. Diese Darstellungen begründen die Maßnahmen in nachfolgenden Bebauungsplänen. Im fachlichen Begleitplan zum Flächennutzungsplan, dem Landschaftsplan, kann die Entsiegelung und Begrünung ggf. als quartiersbezogene Schutz-, Pflege- und Entwick-

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

lungsmaßnahmen dargestellt werden:

- den Arten- und Biotopschutz unter Berücksichtigung der Ausbreitungslinien von Tieren und Pflanzen wild lebender Arten, insbesondere der besonders geschützten Arten,
- Freiflächen, die zur Erhaltung oder Verbesserung des örtlichen Klimas von Bedeutung sind
- Vermeidung von Bodenerosionen, Regeneration von Böden sowie zur Erhaltung und Förderung eines günstigen Bodenzustandes,
- Erhaltung oder Verbesserung des Grundwasserdargebots, Wasserrückhaltung und Renaturierung von Gewässern.

Aufgrund der Kleinteiligkeit und Darstellbarkeit im Flächennutzungsplan ist ggf. die Ausweisung von Siedlungsflächen mit hohem Grünanteil sinnvoll, innerhalb derer verschiedene Maßnahmen, z. B. Baumgruppen, Entsieglung und Begrünung vorgesehen werden. Gem. § 5 Abs. 2 Nr. 2c BauGB kann diese Maßnahme auch als Anlage bzw. Einrichtung, die der Anpassung an den Klimawandel dienen dargestellt werden. Aufgrund der Maßnahmendarstellung im Flächennutzungsplan ergibt sich für Landnutzer*Innen keine Umsetzungsverpflichtung.

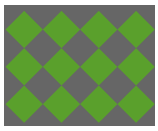
▸ Bebauungsplan und Grünordnungsplan

Die Entsiegelung und Begrünung von Fläche kann im Bebauungsplan gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB als Maßnahme zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft sowie gem. § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB mittels Pflanzbindung verbindlich geregelt werden. Diese ist eine anerkannte Kompensationsmaßnahme.

Textvorschlag: Auf der Fläche zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft sind sämtliche befestigten Flächen zu entsiegeln. Die Flächen sind im Anschluss mit einer Kräuter-/Grasmischung heimischer Arten zu bepflanzen. Die Umsetzung dieser Maßnahme durch private Investoren ist durch geeignete Regelung im städtebaulichen Vertrag zu flankieren. Sollen nur Freiflächen oder Landwirtschaftsflächen planerisch gesteuert werden, z. B. aus Gründen der Klimaanpassung, des Landschaftsbildes oder der Landschaftspflege, so ist der Grünordnungsplan (als Satzung unabhängig vom Bebauungsplan, Anhang 2.2.2) geeigneter. Zu beachten ist, dass diese Maßnahme dauerhaft festgesetzt wird bzw. durch Landnutzer*Innen umgesetzt werden muss – ein Wechsel der Nutzungsart, z. B. Verkehrsfläche, Siedlungsfläche ist dann nicht mehr zulässig.

Ebenso wie bei der Dachbegrünung, kann die Entsiegelung über eine *Örtliche Satzung*, Niederschlagswassersatzung, geregelt werden, um den Anteil versiegelter Flächen zu minimieren.

2.1.11 S-V-2: Rasengittersteine



▸ Ziel der Maßnahme

Rasengittersteine sind ein Kompromiss zwischen einer befestigten Fläche und dezentraler Versickerung. In den offenen Zwischenräumen der Rasensteine kann sich eine niedrige Grasvegetation etablieren, die einen Teil des Wassers verdunstet und so zur Kühlwirkung beiträgt.

▸ Beschreibung

Rasensteine können zur Befestigung von Parkplätzen und Zufahrten eingesetzt werden. Die versiegelten Flächen müssen zunächst entsiegelt und dann mit einem Unterbau aus Schotter und Sand versehen werden, bevor die Rasensteine verlegt werden können.

Rasengittersteine lassen Wasser versickern und ermöglichen eine niedrige Vegetation - sie haben viele Vorteile gegenüber versiegelten Flächen.

▸ Wirksamkeit

Die Verdunstung ist abhängig von der Vegetation in den Zwischenräumen und vor allem vom Fugen-Anteil. Erfolgt nur wenig Abfluss, kann mit einer Verdunstungsrate von ca. 26-35 % gerechnet werden (Timm, Kluge & Wessolek, 2018; Göbel et al., 2013). Bewachsene Rasengittersteine können um 10 K kühler als vollständig versiegelte Flächen sein (37 °C vs. 47 °C, (Schaffitel, Schuetz & Weiler, 2020)).

▸ Synergieeffekte

Nicht verdunstetes Wasser trägt zur Grundwasserneubildung bei. Für den Abfluss des Wassers wird kein Gefälle benötigt. Kosten für die Kanalisation entfallen.

▸ Hemmnisse

Der Aufwand, versiegelte Flächen umzugestalten, ist nicht unerheblich. Der Pflegeaufwand wird als marginal eingestuft.

▸ Akteure

Grundeigentümer.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Versiegelte Parkplätze.

▸ Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Aufgrund der Kleinteiligkeit von versickerungsfähigen Oberflächen / Rasensteinen bzw. des Darstellungsmaßstabes des Flächennutzungsplanes können diese im Flächennutzungsplan nicht dargestellt werden. Im Flächennutzungsplan kann und sollte aber auf die thermischen Belastungsräume aufmerksam gemacht werden, z. B. durch Beikarten bzgl. Überwärmungsbereichen. Der Landschaftsplan als fachlicher Begleitplan zum Flächennutzungsplan kann auf Quartiersebene Zielvorstellungen entwickeln. Im Flächennutzungsplan ist ggf. die Ausweisung von Siedlungsflächen im hohem Grünanteil sinnvoll, innerhalb derer verschiedene Maßnahmen, z. B. Baumgruppen, Ent-

sieglung und Begrünung vorgesehen werden. Diese Darstellungen und Beschreibungen begründen die Maßnahmen in nachfolgenden Bebauungsplänen.

▸ Bebauungsplan und Grünordnungsplan

Der Anteil der bebauten und versiegelten Fläche wird im Bebauungsplan gem. § 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB über die Grundflächenzahl (GRZ) festgesetzt bzw. kann auch als Entwicklungsmaßnahme von Boden, Natur und Landschaft gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB geregelt werden (Anhang 2.2.3.2).

Textvorschlag: *Die zulässige Grundfläche darf durch die in § 19 Abs. 4 Satz 1 BauNVO aufgeführten Grundflächen um höchstens 20 % überschritten werden. Dabei kann zugelassen werden, dass dauerhaft wasser- und luftdurchlässig angelegte Flächen nur zur Hälfte auf die zulässige Grundfläche angerechnet werden.*

Textvorschlag: *Alle befestigten Flächen für Stellplätze, Zufahrten und Wege sind so anzulegen, dass eine Versickerungsfähigkeit für Niederschlagswasser gewährleistet ist, wenn durch die bestimmungsgemäße Nutzung nicht mit einem Eintrag von Schadstoffen in den Boden zu rechnen ist. Aus Gründen des Klimaschutzes werden hierzu Rasengittersteine o.ä. empfohlen.*

Bei der Entwicklung von neuen Wohn-/ Gewerbegebieten durch private Investoren sind die Gestaltung von versiegelten Flächen bzw. deren Teilversiegelung durch entsprechende Regelungen im städtebaulichen Vertrag zu flankieren. Dies erreicht die Herstellung und dauerhafte Pflege bzw. Erhaltung sowie die entsprechenden Sanktionen bei Abgang.

Rasengittersteine können über eine *örtliche Satzung*, Niederschlagswassersatzung, geregelt werden, um den Anteil versiegelter Flächen zu minimieren.

▸ Örtliche Bauvorschriften

Die teilversiegelte Herstellung privater Flächen kann durch örtliche Bauvorschriften im Land Brandenburg nicht geregelt werden. Hier sei auf den § 8 der Brandenburgischen Bauordnung (BbgBO) verwiesen. Entsprechend sind die nicht mit Gebäuden oder vergleichbaren baulichen Anlagen überbauten Flächen der bebauten Grundstücke wasseraufnahmefähig zu belassen oder herzustellen und zu begrünen oder zu bepflanzen. Die Überprüfung dieser Regelung obliegt der Baugenehmigungsbehörde.

2.2 Hinweise zu den formellen Planungsinstrumenten

2.2.1 Landschaftsplan als fachlicher Begleitplan

Fachlicher Begleitplan zum Flächennutzungsplan ist der Landschaftsplan. Gem. § 11 Bundesnaturschutzgesetz (BNatschG) in Verbindung mit § 5 Brandenburgisches Naturschutzausführungsgesetz (BbgNatSchAG) stellen Gemeinden Landschaftspläne für ihr Gebiet auf. Im Landschaftsplan sind die Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen darzustellen, und zwar

- für den Arten- und Biotopschutz unter Berücksichtigung der Ausbreitungslinien von Tieren und Pflanzen wild lebender Arten, insbesondere der besonders geschützten Arten,
- für Freiflächen, die zur Erhaltung oder Verbesserung des örtlichen Klimas von Bedeutung sind; dabei kommt dem Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung insbesondere durch zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien nach § 1 Absatz 3 Nummer 4 des Bundesnaturschutzgesetzes eine besondere Bedeutung zu,
- zur Vermeidung von Bodenerosionen, zur Regeneration von Böden sowie zur Erhaltung und Förderung eines günstigen Bodenzustandes,

- zur Erhaltung oder Verbesserung des Grundwasserdargebots, Wasserrückhaltung und Renaturierung von Gewässern,
- zur Erhaltung der für Brandenburg typischen Landschafts- und Ortsbilder sowie zur Beseitigung von Anlagen, die das Landschaftsbild beeinträchtigen und auf Dauer nicht mehr genutzt werden,
- zur Errichtung von Erholungs- und Grünanlagen, Kleingärten, Wander-, Rad- und Reitwegen sowie landschaftsgebundenen Sportanlagen,
- zur Anlage oder Anpflanzung von Flurgehölzen, Hecken, Büschen, Schutzpflanzungen, Alleen, Baumgruppen oder Einzelbäumen,
- zur Erhaltung und Pflege von Baumbeständen und Grünflächen.

Der Landschaftsplan löst für sich genommen keine Verbindlichkeit gegenüber Privaten, Landnutzer*Innen etc. aus. Die Ziele dieser Fachplanung sind in den Flächennutzungsplan zu übernehmen und bei nachfolgenden Bebauungsplänen abwägungsrelevant.

2.2.2 Grünordnungsplan (GOP) als Satzung

Sollen nur Freiflächen oder Landwirtschaftsflächen planerisch gesteuert werden, z. B. aus Gründen der Klimaanpassung, des Landschaftsbildes oder der Landschaftspflege, so ist der Grünordnungsplan geeigneter. Kommunen können gem. § 5 Abs. 3 Brandenburgisches Naturschutzausführungsgesetz (BbgNatSchAG) mit einem Grünordnungsplan Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen als Satzung beschließen. Zu beachten ist, dass diese Maßnahme dauerhaft festgesetzt wird bzw. durch Landnutzer*Innen umgesetzt werden muss. Ein Wechsel der Bewirtschaftungsart oder der Gebietsart ist dann nicht mehr zulässig. Für die Überprüfung der, im Grünordnungsplan festgesetzten, Maßnahmen sind die Kommunen zuständig.

Für weiterführende Informationen zum Grünordnungsplan als Satzung sei auf die Arbeitshilfe Bauleitplanung (MIL, 2022) / Kap 29.2 und den Runderlass „Bauleitplanung und Landschaftsplanung“ (MUNR, 1997) verwiesen.

2.2.3 Kompensationsmaßnahmen

Einige der vorgeschlagenen Maßnahmen, wie z. B. Baumneupflanzungen und Entsiegelung, sind im Land Brandenburg im Rahmen der naturschutzfachlichen Kompensation anerkannte Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen. Die Anerkennung anderer Maßnahmen, wie z. B. Agroforstsysteme als naturschutzfachliche Kompensationsmaßnahme, bedarf der engen und frühzeitigen Abstimmung mit der unteren Naturschutzbehörde. Generell sei bzgl. der Ausgestaltung von Kompensationsmaßnahmen auf die Arbeitshilfe Bauleitplanung (MIL, 2022) und auf die HVE Brandenburg (MLUV 2009) sowie bzgl. der Anwendung des Landeswaldgesetzes in Bebauungsplänen auf den gemeinsamen Erlass (MIL, 2008) verwiesen. Für weitere Hinweise zu kommunalen Flächenpools für Ausgleichsmaßnahme sei auf den Leitfaden zu kommunalen Flächenpools (MLUV, 2017) verwiesen.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

Regelungen im Bebauungsplan (Einzelaspekte)

2.2.3.1 Zweckbestimmung von Landwirtschaftsflächen

Im Bebauungsplan können für Landwirtschaftsflächen auch konkrete Zweckbestimmungen gem. § 201 BauGB festgesetzt werden. Dies umfasst den Ackerbau, die Wiesen- und Weidewirtschaft, einschließlich Tierhaltung, die gartenbauliche Erzeugung, der Erwerbsobstbau, der Weinbau, die berufsmäßige Imkerei und die berufsmäßige Binnenfischerei. In besonderen Fällen kann die Zweckbestimmung auch über diese Kategorien hinaus gehen. Vor der Konkretisierung der Zweckbestimmung muss die Kommune das städtebauliche Erfordernis prüfen, dabei können z. B. das Landschaftsbild oder Klimaanpassungsmaßnahmen herangezogen werden (MIL, 2022). Es ist aber zu prüfen, ob in Bebauungsplänen die Festsetzung von naturschutzfachlichen Kompensationsmaßnahme im Hinblick auf die Umsetzung der IAWAK-EE – Maßnahmen zielführender als Festsetzungen zur Zweckbestimmung von Landwirtschaftsflächen ist. In enger Abstimmung mit der unteren Naturschutzbehörde kann so die passgenaue Umsetzung der Maßnahme und deren dauerhafte Sicherung erreicht werden.

2.2.3.2 Regelungen zum Anteil versiegelter Flächen

Der Anteil der bebauten und versiegelten Fläche wird im Bebauungsplan über die Grundflächenzahl (GRZ) festgesetzt. Dabei ist zu beachten, dass gem. der Arbeitshilfe Bauleitplanung zunächst alle Flächen, unabhängig vom Versiegelungsgrad und Materialität zu 100 % in die Berechnung der Grundflächenzahl eingehen (MIL, 2022). Im Einzelfall obliegt es der Baugenehmigungsbehörde bei geringfügigen Überschreitungen der zulässigen Grundflächenzahl teilversiegelte Flächen entsprechend vermindert anzurechnen.

Das Maß der baulichen Nutzung wird gem. § 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB durch Festlegung der maximal zulässigen Grundflächenzahl (GRZ) geregelt. Hierbei kann auf der Grundlage der Prüfung gesunder Wohn- und Arbeitsverhältnisse gem. Arbeitshilfe Bauleitplanung (MIL, 2022) eine abweichende Bestimmung getroffen werden. Siehe Maßnahme S-V-2.

Hierbei sei auf die Pflicht der Kommune zur Überprüfung dieser Bebauungsplanfestsetzung hingewiesen. Im Nachgang zur Baugenehmigung erhöht sich durch genehmigungsfreie Vorhaben, wie der Bau von Nebengebäuden, versiegelten Flächen, Wegen etc. der Versiegelungsgrad auf Grundstücken oftmals enorm. Daher sind Bauherren möglichst vor dem Bauantrag über die Regelungen im Bebauungsplan zu informieren und die Umsetzung ist im „Lebenszyklus“ des Bebauungsplangebietes durch die Kommune zu überprüfen bzw. die Nicht-Einhaltung der Festsetzungen entsprechend zu ahnden.

2.2.4 Versickerung / Eintrag in das Grundwasser

Das Brandenburgische Wassergesetz (BbgWG) schreibt in § 54 Abs. 4 Satz 1 die Versickerung von Niederschlagswasser vor, sofern es nicht verunreinigt ist. Dabei ist die Versickerung als Eintrag in ein Gewässer (Grundwasser) zu sehen. Für die Versickerung von Niederschlagswasser in das Grundwasser sind die Vorgaben der Versickerungsfreistellungsverordnungen (BbgVersFreiV) zu beachten.

Diese gilt für Flächen im Geltungsbereich der §§ 30, 34 und 35 des BauGB es. Sie gilt nicht für

- Flächen innerhalb der Schutzzonen I und II von Wasserschutzgebieten,

- Gebiete, deren Böden erheblich mit umweltgefährdenden Stoffen belastet sind und die im Bebauungsplan auf Grund § 9 Absatz 5 Nummer 3 des BauGB es dahingehend ausgewiesen sind,
- außerörtliche öffentliche Straßen gemäß § 3 Absatz 1 des Brandenburgischen Straßengesetzes sowie § 1 des Bundesfernstraßengesetzes.

Gem. § 3 ist das Versickern von Niederschlagswasser aus folgenden Herkunftsflächen nicht zulässig:

- Gewerbe- und Industriegebiete nach den §§ 8 und 9 der Baunutzungsverordnung, Sondergebiete mit vergleichbarer Nutzung, sowie gewerblich oder industriell genutzte Flächen in Misch- und Kerngebieten im Sinne der §§ 6 und 7 der Baunutzungsverordnung, soweit von ihnen eine maßgebliche Staubbelastung ausgeht,
- Flächen, auf denen mit wassergefährdenden Stoffen nach § 62 Absatz 3 des Wasserhaushaltsgesetzes einschließlich Jauche, Gülle und Silagesickersäften umgegangen wird,
- Dachflächen mit Anteilen unbeschichteter metallischer Flächen aus Blei, Kupfer oder Zink von mehr als 50 Quadratmeter,
- Parkplätze mit mehr als 100 Stellplätzen, soweit das Niederschlagswasser nicht über wasserdurchlässige Flächenbeläge mit bauaufsichtlicher Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik versickert wird,
- abflusswirksam versiegelte Flächen größer als 800 Quadratmeter sowie Gebäude mit einer Grundfläche größer als 400 Quadratmeter.

Jeder Bauherr*In hat im Bauantragsverfahren gem. § 5 BbgVersFreiV eine entsprechende Erlaubnis abzugeben. In der Schutzzone II von Wasserschutzgebieten ist nur das breitflächige Versickern von gering belasteten Niederschlagswasserabflüssen (je nach Verordnung des WSG) über die belebte Bodenzone erlaubnisfrei. Die untere Wasserbehörde kann durch Prüfung Versickerungsanlagen auch in der Zone II zulassen.

Zur frühzeitigen Information von Bauherren sei auf den Leitfaden des Landes Brandenburg zum naturnahen Umgang mit Regenwasser hingewiesen (MLUK, 2020).

2.2.4.1 Versickerung und Bebauungsplan

Die Gemeinden können gemäß § 54 Abs. 4 Satz 2 BbgWG in einem Bebauungsplan bestimmen, dass Niederschlagswasser auf bestimmten und dafür geeigneten Grundstücken, auf denen es anfällt, zu versickern ist. Damit wäre ein Übergang einer kommunalen Pflicht (Abwasserbeseitigungspflicht) auf Dritte verbunden. Deshalb ist der Verpflichtete zu benennen (Eigentümer, Erbbauberechtigter, Nutzer nach § 9 Sachenrechtsbereinigungsgesetz, s. § 66 Abs. 2 Nr. 1 BbgWG). Diesem muss die Wahrnehmung der Pflicht auch tatsächlich möglich sein. D. h., die Grundstücke müssen für eine Versickerung der anfallenden Niederschlagsmengen geeignet sein (MIL, 2022). Die Gemeinde darf daher, z. B. ein Muldensystem zur Beseitigung von Niederschlagswasser nur dann als Festsetzung in den Bebauungsplan aufnehmen, wenn sie realistischerweise davon ausgehen kann, dass der Vollzug der Festsetzung in einem späteren Verwaltungsverfahren oder auf andere Weise erfolgen kann2, also die Versickerung technisch möglich ist und keine rechtlichen Vorgaben entgegenstehen.

Nach MIL & MUGV (2011) sollen dezentrale Maßnahmen zum Rückhalt und zur ortsnahen Bewirtschaftung des Regenwassers bei der Bebauungsplanung regelmäßig zur Anwendung kommen, soweit dem keine zwingenden Gründe entgegenstehen. Ein Bebauungsplan, der die Niederschlagsentwässerung nur unzureichend berücksichtigt, kann unwirksam sein, daher ist die Erarbeitung eines Entwässerungskonzeptes im Bebauungsplanverfahrens unerlässlich (Oberverwaltungsgericht Rheinland-Pfalz, 2012).

Zu den Ausführungen zu den Maßnahmen S-III-1 und S-III-2 nachfolgend konkrete Festsetzungsbeispiele. Durch textliche Festsetzungen wird vor allem die Art des Herkunftswassers beschrieben und so z. B. belastetes Wasser von Stellplatzflächen von der Versickerungspflicht ausgenommen.

Textvorschlag: *Das auf den Baugrundstücken anfallende Niederschlagswasser der Dachflächen ist auf zu begrünenden Mulden zu versickern.*

Entsprechend der Arbeitshilfe Bauleitplanung erreicht die Festsetzung des Volumens der notwendigen Versickerungsmulde ein besseres Verständnis und damit die Umsetzung dieser Regelung durch private Bauherren.

Textvorschlag: *In den Baugebieten ist das auf den Dachflächen anfallende Niederschlagswasser zu sammeln und auf den angrenzenden Flächen zum Schutz von Boden und Natur in zu begrünenden Mulden mit einem Volumen von mindestens 15 Litern pro m² Dachfläche zu versickern.*

Textvorschlag: *In der öffentlichen Verkehrsfläche ist entlang der Erschließungsstraße beidseitig eine mindestens 2,0m breite Versickerungsmulde herzustellen, zu begrünen und dauerhaft zu unterhalten.*

Bei der Entwicklung von neuen Wohn-/Gewerbegebieten durch private Investoren sind dezentrale Versickerungsanlagen auf den Wohngrundstücken oder Grünflächen sowie an den zukünftigen Straßen durch entsprechende Regelungen im städtebaulichen Vertrag zu flankieren. Dies erreicht die Herstellung dieser Anlagen sowie die entsprechenden Sanktionen bei Nichtherstellung etc. Auch bei neuen Baugebieten werden die Verkehrsanlagen so geplant, dass die Kommune diese Anlagen inkl. Versickerungsflächen als Straßenbaulastträger übernimmt. Daher sind die erforderlichen Standards mit den Vorhabenträger*Innen entsprechend abzustimmen bzw. im städtebaulichen Vertrag zu regeln.

Eine Kombination aus Versickerungsanlage und Baumstandort bildet die Baumrigole. Bzgl. der Wasserverfügbarkeit bietet diese Anlage eine gute und flächensparende Straßenentwässerungslösung. Weiterführende Informationen sind beim Umweltbundesamt zu finden.

2.2.4.2 Versickerung und örtliche Satzungen

Üblicherweise regeln Bebauungspläne das Planungsrecht für neue Siedlungsbereiche. Entsprechende Regelungen in Bestandsgebieten sind aufwendig (u.a. große Flächen, dadurch hohe Kosten) und aufgrund der Heterogenität oftmals nur schwer städtebaulich begründbar.

Die Verpflichtung von Grundstückseigentümern*Innen zur dezentralen Niederschlagsversickerung in bestehenden Siedlungsbereichen kann z. B. über eine Niederschlagswassersatzung erreicht werden. Hierbei wird die Abwasserbeseitigungspflicht der Kommune gem. § 2 Kommunalverfassung des Landes Brandenburg (BbgKVerf) für das auf privaten Grundstücken anfallende Niederschlagswasser auf die Grundstückseigentümer*Innen übertragen. Gem. § 3 Abs. 1 Kommunalverfassung des Landes Brandenburg (BbgKVerf) bzw. auf der Grundlage des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) und Brandenburgisches Wassergesetz (BbgWG) können Kommunen Niederschlagswassersatzungen erlassen. Dabei besteht ein grundsätzliches Anschlussrecht an öffentliche Niederschlagswasseranlagen für Grundstückseigentümer*Innen. Dies erstreckt sich aber nur auf

Grundstücke bei denen die Versickerung (Mulden, Muldenrigolensysteme) z. B. aufgrund der Bodenbeschaffenheit nicht möglich ist. Ist es Grundstückseigentümer*Innen aufgrund eines hohen Versiegelungsgrades auf dem Grundstück nicht möglich anfallendes Niederschlagswasser auf dem Grundstück zu versickern, so kann ein Anschluss an öffentliche Niederschlagswasseranlagen versagt werden. Die Überprüfung obliegt der Kommune als Satzungsgeberin.

Beispiel: Niederschlagswassersatzung Stadt Werneuchen (2018)

Flankierend zur einer kommunalen Niederschlagswassersatzung können auch reduzierte Abwassergebühren bei entsiegelten Flächen bzw. Gründächern Anreize für Private darstellen. Dies betrifft aber nur Grundstücke, die an kommunale Niederschlagswasserbeseitigungsanlagen angeschlossen sind. So kann darin verbindlich geregelt werden, dass

1. eine Niederschlagswassergebühr erhoben wird und

2. welche Flächen für die Bemessung dieser Gebühr vollständig, z. B. versiegelte Flächen oder nur teilweise, z. B. Gründächer und Rasengittersteine nur zu 50 % herangezogen werden.

Grundstückseigentümer*Innen haben durch die Minderung der Abwassergebühren einen konkreten Anreiz und die Kommune hat weniger Aufwand bzgl. der Abwasserbeseitigung bzw. Schäden bei Starkregen.

Beispiel: Abwassergebührenveranlagung der Stadt Düsseldorf

2.2.5 Baumschutz mittels örtlicher Satzung

Üblicherweise regeln Bebauungspläne das Planungsrecht für neue Siedlungsbereiche. Entsprechende Regelungen in Bestandsgebieten sind aufwendig (u.a. große Flächen, dadurch hohe Kosten) und aufgrund der Heterogenität oftmals nur schwer städtebaulich begründbar.

Der Erhalt von Baumgruppen und Einzelbäumen auf privaten Flächen in bestehenden Siedlungsbereichen kann z. B. über Baumschutzsatzungen erreicht werden. Gem. § 3 Abs. 1 Kommunalverfassung des Landes Brandenburg (BbgKVerf) in Verbindung mit § 24 Abs. 3 Brandenburgisches Naturschutzgesetz (BbgNatSchG) können Kommunen Baumschutzsatzungen erlassen. Dabei können z. B. alle Bäume mit einem bestimmten Stammumfang oder alle Ersatzpflanzungen zu geschützten Landschaftsbestandteilen erklärt und damit deren Erhalt oder Ersatz auf allen Flächen des Gemeindegebietes geregelt werden. Die Überprüfung obliegt der Kommune als Satzungsgeberin.

Beispiel: Baumschutzsatzung Stadt Oranienburg (2012)

2.2.6 Örtliche Bauvorschriften

Gem. § 87 Brandenburgischer Bauordnung (BbgBO) können Gemeinden örtliche Bauvorschriften erlassen u. a. über

- besondere Anforderungen an die äußere Gestaltung baulicher Anlagen und anderer Anlagen und Einrichtungen sowie die Notwendigkeit oder das Verbot von Einfriedungen und das Verbot von Schottergärten,
- die Begrünung baulicher Anlagen.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

Die Gestaltung oder gar Bepflanzung privater Flächen kann durch örtliche Bauvorschriften im Land Brandenburg nicht geregelt werden. Hier sei auf den § 8 der Brandenburgischen Bauordnung (BbgBO) verwiesen. Entsprechend sind die nicht mit Gebäuden oder vergleichbaren baulichen Anlagen überbauten Flächen der bebauten Grundstücke wasseraufnahmefähig zu belassen oder herzustellen und zu begrünen oder zu bepflanzen. Die Überprüfung dieser Regelung obliegt der Baugenehmigungsbehörde.

2.3 Beispiele der Umsetzung mit Gestaltungskonzepten

Für die Fläche südlich vom Elsterschlossgymnasium in Elsterwerda und den Dorfanger im OT Polzen der Gemeinde Kremitzaue, Amt Schlieben, im Landkreis Elbe-Elster wurde jeweils ein Gestaltungskonzept im Rahmen der ersten Phase des IAWAK-EE erarbeitet. Der Endbericht des beauftragten Planungsbüros mellon – Gesellschaft für nachhaltige Infrastruktur mbH kann gesondert eingesehen werden. Er dient als Baukasten für eine Fördermittelbeantragung. In der vorliegenden Handreichung wird nur ein kurzer Abriss über die Vorgehensweise und die Wirkung dargestellt und enthält somit gekürzte, für den Zweck der Handreichung angepasste Textbausteine aus dem Endbericht. Für gesonderte Informationen kann dieser bei Bedarf eingesehen sehen. So sollen Kommunen zur Umsetzung ermutigt und ein Weg dafür aufgezeigt werden.

2.3.1 Ausgangslagen

2.3.1.1 Klimaangepasstes Dorfzentrum Polzen

Die thermische Signatur des Dorfzentrums von Polzen (Abb. 2.1) gibt erste Hinweise auf die Situation vor Ort. Die nähere Analyse zeigt, dass das Dorfzentrum nur eine geringe Verschattung aufweist. Der Dorfteich ist verlandet und kann so keine temperaturregulierende Wirkung auf seine Umgebung ausüben. Im Dorfanger herrscht eine pflegeintensive Bepflanzung mit geringen die Temperatur ausgleichenden Eigenschaften vor, wie z. B. niedrige Koniferen. Es fehlt an permanentem Bewuchs für Vögel und Insekten. Der Boden im nördlichen Teil des Flurstücks ist sandig und trocken. Insgesamt ist die Aufenthaltsqualität nur gering.

2.3.1.2 Klimaangepasst Leben und Lernen in Elsterwerda

Die nähere Analyse der Ausgangslage des Standortes in Elsterwerda ergibt eine deutliche thermische Belastung der Fläche. Ein kleiner Teil der Fläche ist an einen Landwirt zur Heugewinnung verpachtet. An die ansonsten brach gefallene Fläche grenzt sowohl Wohnbebauung als auch das Elsterschlossgymnasium und der Schlosspark an.

2.3.2 Vorgehensweise und Beteiligung

Die vorliegenden Karten (Abb. 2.3, 2.4) zeigen die verorteten Maßnahmen, die im Rahmen des IAWAK-EE-Projektes zur Rückhaltung des Wassers mit resultierender Kühlungswirkung erarbeitet wurden.

Für den Entwurf wurde zunächst mit relevanten Akteuren der Flächen Kontakt aufgenommen und die besonderen Belange und Bedürfnisse erfragt. In Polzen waren dies die Anwohner des Teiches,

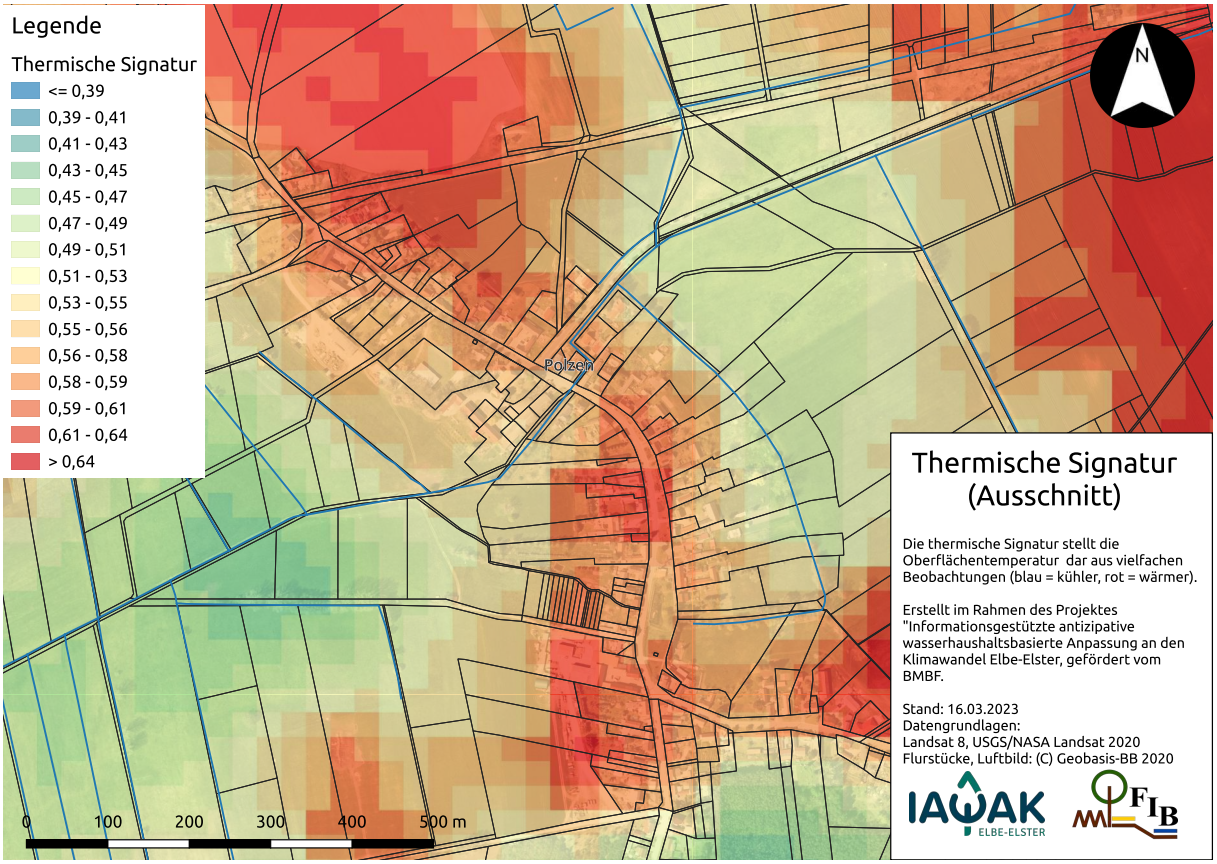


Abbildung 2.1: Thermische Signatur für das Dorfzentrum von Polzen. Sie wurde auf der Grundlage von 39 Satellitenbilder aus den Jahren 2013 bis 2020 berechnet, jeweils aus den Monaten Mai bis September. Der Indexwert zeigt, in welchen Bereichen die Oberflächentemperatur durchschnittlich höher oder geringer ist.

der Ortsvorsteher und der Vorsitzende der freiwilligen Feuerwehr, i n Elsterwerda die Schulleitung des Elsterschlossgymnasiums, das Bauamt, das Landratsamt und der derzeitige Pächter. Die dabei erhaltenen Anmerkungen wurden in den Entwurf einbezogen. Anschließend fanden öffentliche Workshops zu den beiden Gebieten statt. Im Nachgang wurden die Entwürfe geringfügig angepasst. Die zuständigen Genehmigungsbehörden, vor allem die untere Wasserbehörde und die untere Naturschutzbehörde, wurden frühzeitig mit eingebunden. Zum Projektende erfolgte ein gesonderter Abstimmungstermin, um die relevanten Genehmigungstatbestände und die zu erbringenden Unterlagen zu erörtern. Dabei wurden weitere Bearbeitungshinweise gegeben. Schließlich können darauf aufbauend Förderskizzen abgeleitet werden, die z. B. vom Amt Schlieben für die Einwerbung von Mitteln zur Umsetzung genutzt werden können.

2.3.3 Maßnahmenvorschläge

2.3.3.1 Maßnahmen für den Dorfanger in Polzen

Für den *Dorfanger in Polzen* sind eine Reihe von Maßnahmen vorgesehen:

- Der Dorfteich soll entschlammt und entkrautet werden. Die bisherige Bepflanzung wird ergänzt.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

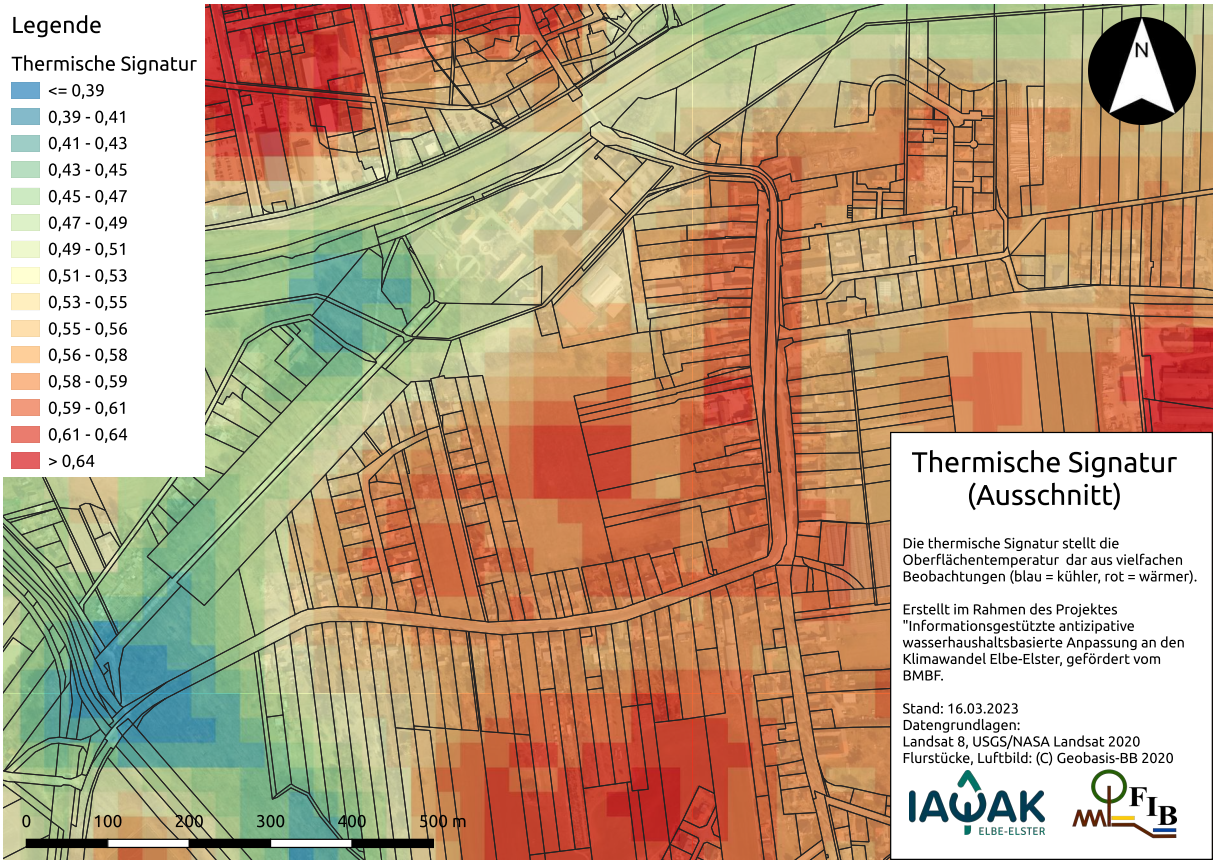


Abbildung 2.2: Thermische Signatur für den Ausschnitt des Projektgebietes in Elsterwerda. Sie wurde auf der Grundlage von 39 Satellitenbilder aus den Jahren 2013 bis 2020 berechnet, jeweils aus den Monaten Mai bis September. Der Indexwert zeigt, in welchen Bereichen die Oberflächentemperatur durchschnittlich höher oder geringer ist.

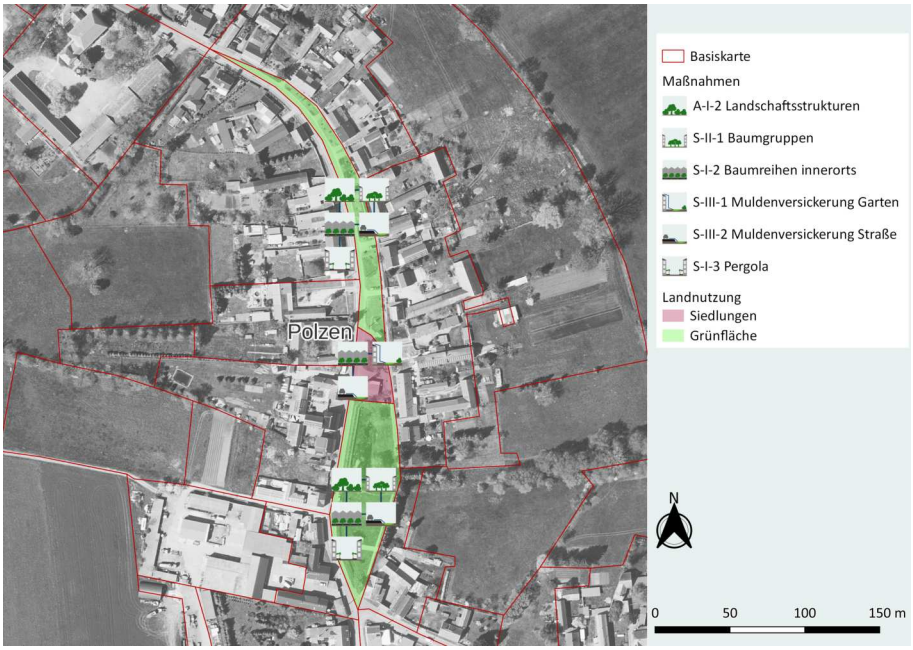


Abbildung 2.3: Übersicht über den Dorfanger von Polzen mit den verorteten Maßnahmen.

Abbildung 2.4: Übersicht über das Projektgebiet in Elsterwerda mit den verorteten Maßnahmen.

- Es werden extensive Blühwiesen angelegt, wie sie auch in Landschaftsparken zu finden sind. Für das Saatgut wird auf heimische Wildarten zurückgegriffen.
- Der vorhandene Teppich-Wacholder wird in Absprache mit der unteren Naturschutzbehörde gerodet und durch eine höherwertige Bepflanzung ersetzt. Er trägt nur geringfügig zur Kühlwirkung bei und hat auch keine Bedeutung für den Artenschutz.
- Die vorhandene Streuobstwiese wird aufgewertet, in dem neue Obstbäume gepflanzt werden. Dabei wird auf alte Sorten zurückgegriffen.
- Auf der Fläche südlich des Dorfteiches soll sich ein geschlossenes Kronendach ausbilden, in dem eine Hängeweide gepflanzt wird. Heckensträucher schirmen den Bereich als Sichtschutz ab.
- Die abgängige alte Dorfweide soll bereits jetzt durch eine neue Eiche ergänzt werden, die dann deren Funktion übernimmt. Weitere Bäume zur Ergänzung der Bepflanzung sind vorgesehen (Linde, Eberesche, Blütenkirsche, Hängeweide) und sollen die Aufenthaltsqualität verbessern.
- Ein Dorfplatz mit wassergebundener Decke soll als Treffpunkt angelegt werden.

Der *Pflanzstreifen zwischen Straße und Bebauung* soll ebenfalls aufgewertet werden:

- Auf der Gemeindefläche sollen Straßenbäume gepflanzt werden, die zur Verschattung und Kühlung beitragen, aber auch das Dorfbild aufwerten.
- Zwischen den Bäumen soll eine extensive Blühwiese mit heimischen Wildarten angelegt werden. Die Wise soll ein- bis zweischürig gepflegt werden, sodass mehr Arten und eine höhere Kühlwirkung zu erwarten ist. Eine regelmäßigere Mahd erfolgt nur in den direkt an die Straße und die Wege angrenzenden Bereichen.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

Abbildung 2.5: Entwurf für den Dorfanger von Polzen (mellon GmbH).

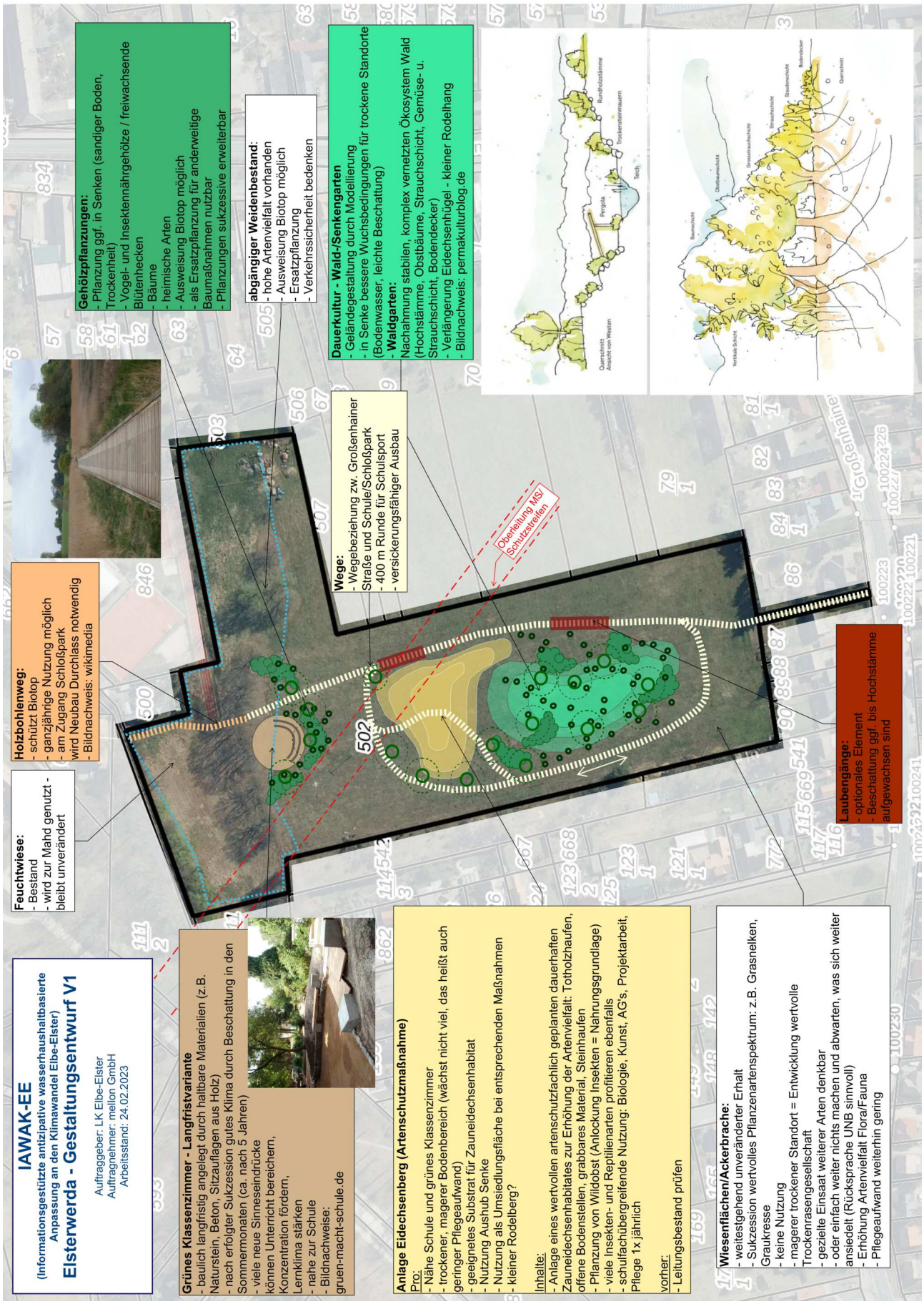


Abbildung 2.6: Entwurf für die Fläche in Elsterwerda (mellon GmbH).

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

- Alternativ oder ergänzend kann eine freiwachsende, mittelhohe Strauchhecke angelegt werden. Dazu sollen vogel- und insektenfreundliche Arten wie Sommerflieder, regionale Wildrosen oder Holunder. Der vorhandene Teppich-Wacholder wird dazu in Absprache mit der unteren Naturschutzbehörde gerodet.

2.3.3.2 Maßnahmen für die Park- und Lernfläche in Elsterwerda

Auf der Fläche in Elsterwerda sind Maßnahmen vorgesehen, die den Bereich um ein grünes Klassenzimmer aufwerten. Dabei soll Sukzession zugelassen werden, um Verschattungs- und Kühlwirkungen zu ermöglichen. Die bereits vorhandenen, kühlenden Strukturen der Feuchtwiese sollen erhalten bleiben und eine notwendige Wegeverbindung als Holzbohlenweg realisiert werden. Für einen für den Schulsport benötigten Weg ist ein Laubengang als kühlendes Element angedacht. Mit einem in einer Mulde geschaffenen Waldgarten sollen Gehölze mit größerer Kühlwirkung eingebracht werden, die durch einen waldtypischen Unterwuchs ergänzt werden.

2.3.4 Erwartete Wirkung für die Umsetzung der Maßnahmen

2.3.4.1 Erwartete Wirkung für die Umsetzung der Maßnahmen am Dorfanger in Polzen

Neben den naturschutzfachlichen Effekten sind durch die Projektumsetzung verschiedene positive Auswirkungen zur Minderung der Folgen des Klimawandels zu erwarten. Durch die geplanten Begrünungs- und Bepflanzungsmaßnahmen sowie die Sanierung des Dorfteiches wird sich die thermische Belastung bei Hitze im Dorfzentrum von Polzen verringern. Durch die Pflanzung von (Straßen-)Bäumen und deren Kühlleistung ist eine durchschnittliche Senkung der lokalen Lufttemperatur um ca. 1 °C zu erwarten, wobei dieser Effekt durch eine dichtere Bepflanzung noch gesteigert wird. Aufgrund dieses Effektes wird die lokale Wiederabkühlung bei Hitze im Tagesverlauf im Vergleich zu stärker bebauten/versiegelten Flächen im Umfeld beschleunigt. Auch eine Erhöhung der Luftfeuchte und eine Verbesserung der Luftqualität (u. a. durch die feinstaubfilternde Wirkung der Bepflanzung) wird dadurch gefördert. Neben Bäumen bzw. Baum-/Gehölzgruppen wird sich die Kühlleistung des Dorfteichs als offene Wasserfläche mit Ufervegetation durch Verdunstung nach der geplanten Instandsetzung verbessern.

Durch die geplanten Maßnahmen einschließlich einer Vermeidung von versiegelten Oberflächen wird sich außerdem der Wasserrückhalt zur Vorsorge bei Starkregenereignissen bzw. Trockenperioden erhöhen. Dazu trägt u. a. die Verbesserung des Bodengefüges und des Versickerungs- bzw. Wasserhaltevermögens des Bodens sowie die Bindung/Haltung des Wassers durch Pflanzen bei. Auch der Dorfteich erfüllt wichtige Funktionen zur Wasserrückhaltung und im Gebiet, die durch die Instandhaltung gestärkt werden.

Bei der Projektumsetzung wird besonderer Wert auf eine Bepflanzung mit standortgerechten sowie möglichst trocken- und hitzeresistenten Pflanzen- und Baumarten gelegt.

2.3.4.2 Erwartete Wirkung für die Park- und Lernfläche in Elsterwerda

Mit dem Projekt soll eine Verdichtung des Biotopverbundes im Süden von Elsterwerda erreicht werden. Durch die natur- und artenschutzgerechte Aufwertung wird die Fläche gemeinsam mit den umliegenden Wiesen, Parks bzw. Baum- und Gehölzgruppen einen Biotopverbund bilden. Mit den geplanten, schützenden Bepflanzungsmaßnahmen wird die vorher sehr weitläufige, ebene

Fläche zukünftig stärker als Trittstein für die Wanderung von Amphibien und anderen Tierarten dienen können.

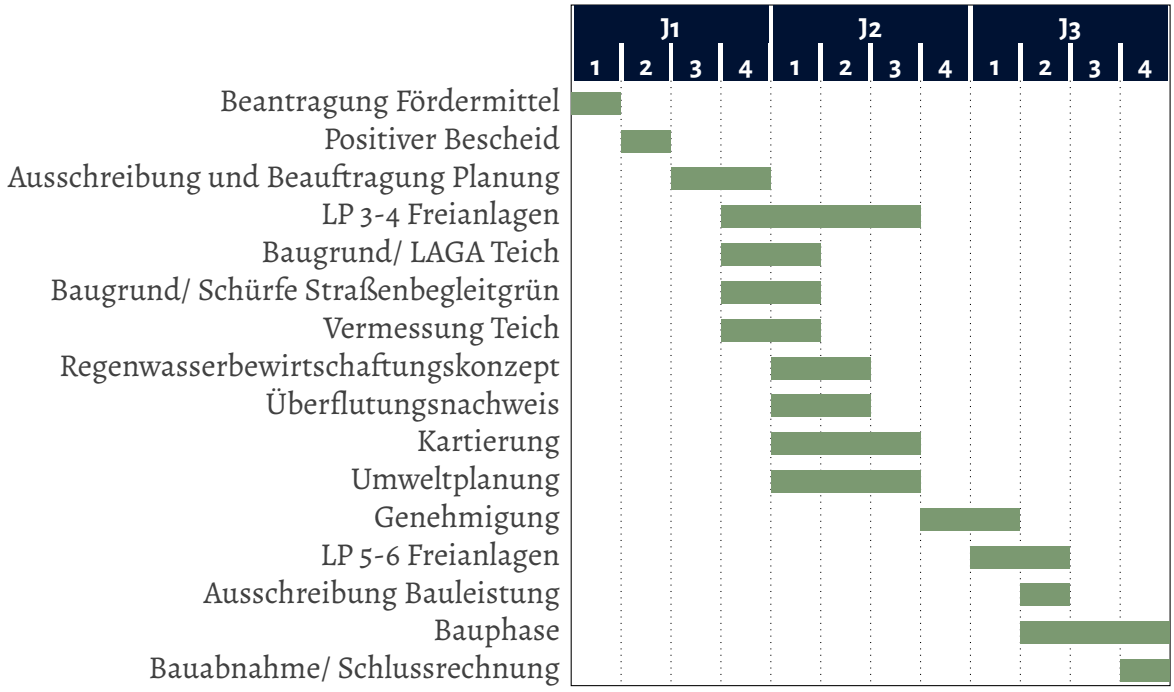
In Bezug auf das Schutzgut Boden besteht das Ziel in einer Minderung der Erosionsgefährdung sowie der Verbesserung des Bodenlebens und der Bodenfeuchte. Da vor allem der südliche Bereich durch überwiegend sandige, magere und durchlässige Böden geprägt ist, stellt dies ein wichtiges Ziel dar. Dazu tragen die oben beschriebenen Maßnahmen, einschließlich der stärkeren Beschattung durch die Bepflanzungen, bei. Durch die Projektumsetzung werden sich der Erholungswert der Fläche deutlich erhöhen und das Landschaftsbild in Elsterwerda aufgewertet. Zudem wird ein Standort geschaffen, an dem die Möglichkeit zur Naturbeobachtung und zum Lernen, vor allem in Hinblick auf Natur- und Artenschutzbelange, besteht.

Auch die Minderung der thermischen Belastung durch Hitze ist vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels ein wesentliches Projektziel. Durch die vorgesehenen Baum- und Gehölzpflanzungen bzw. (temporären) Laubengänge wird durch Beschattung ein Kühlungseffekt erreicht. Darüber hinaus wirkt sich die Verdunstungskälte der Bäume, Gehölze bzw. des Wald- und Senkgartens positiv auf das Mikroklima aus. Durchschnittlich senkt ein Baum die lokale Temperatur um ca. 1 °C, wobei dieser Effekt durch eine dichtere Bepflanzung erhöht wird. Ein weiteres wichtiges Ziel stellt die Verbesserung des Wasserrückhalts und damit die Stabilisierung des Wasserhaushalts des relativ trockenen Standorts dar, was zur Vorsorge in Bezug auf Starkregenereignisse bzw. Trockenheit beiträgt. Durch die Anlage neuer Senken soll der Wasserabfluss gezielter gesteuert werden. Zudem unterstützt die stärkere Bepflanzung einen Rückhalt des Wassers auf der Fläche. Die umgebenden Flächen (z. B. Eidechsenhügel, Senkgarten) werden in den Schulunterricht bzw. verschiedene Schulfächer (z. B. Biologie, Kunst, Projektarbeiten, Schul-AG) eingebunden. Beispielsweise ist eine regelmäßige Messung von Temperatur und Luftfeuchte durch die Schüler:innen an verschiedenen Orten auf der Fläche vorstellbar, um die Wirksamkeit von Relief und Bewuchs auf das Mikroklima besser erklären zu können bzw. konkret erlebbar zu machen.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

2.3.5 Exemplarische Arbeitsplan- und Finanzierungspläne

2.3.5.1 Exemplarischer Arbeitsplan- und Finanzierungsplan für den Dorfanger in Polzen

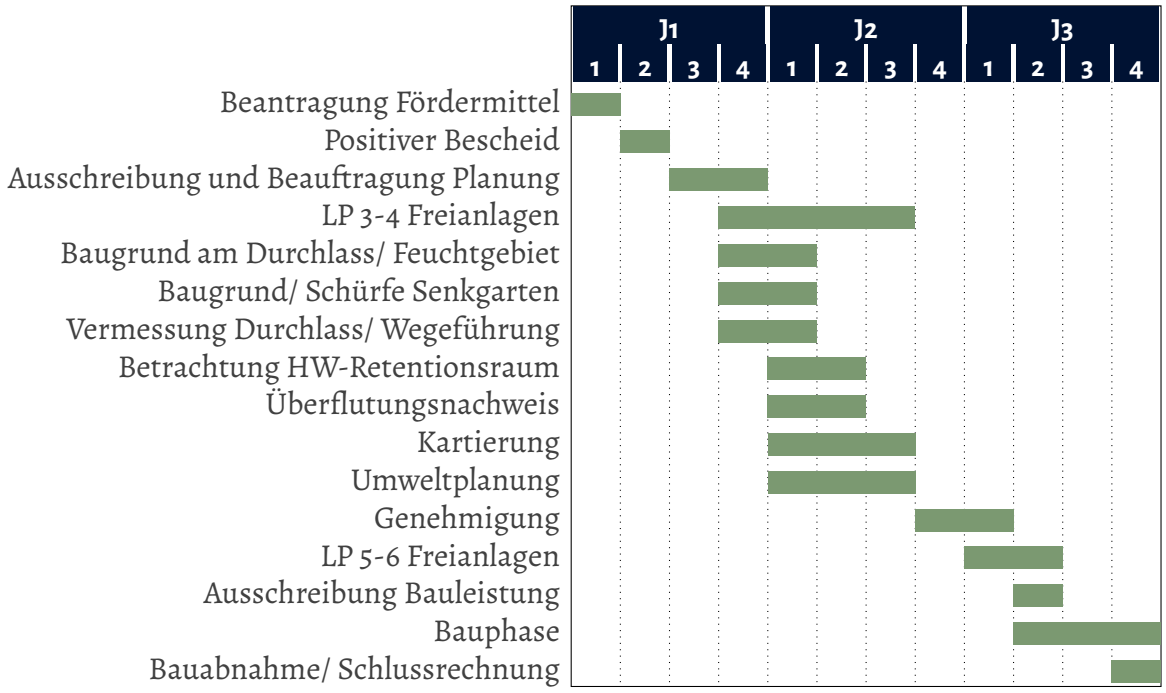


Leistungen	Kosten
Leistungsphasen 3-9 HOAI Freianlagen	20.000 €
Baugrund/ LAGA Teich	5.000 €
Baugrund/Schürfe Straßenbegleitgrün	3.500 €
Vermessung Teich	2.500 €
Regenwasserbewirtschaftungskonzept	7.000 €
Überflutungsnachweis	3.500 €
Kartierung	3.000 €
Umweltplanung	6.500 €
Gesamtsumme (netto)	51.000 €
Mwst. (19 Gesamtsumme (brutto)	60.690 €

Nr	Objekt	Leistungen	Menge	Einheit	Einzelpreis	Summe
1	Feuchtgebiet/ Entwickelnde Unterhaltung Dorfteich					
		Entkrautung	1	psch.	3.000 €	3.000 €
		Entschlammung	480	t	60 €	28.800 €
		Aushub/Profilierung Teich	300	m³	25 €	7.500 €
		Herstellen Sohle inkl. Abdichtung	900	m³	30 €	27.000 €
		Ausstattung/ Sitzstufen	1	psch.	2.000 €	2.000 €
		Straßensinkkästen erneuern	4	St.	2.000 €	8.000 €
		Wasserpflanzen (initial)	1	psch.	5.000 €	5.000 €
		Hochstämme	3	St.	1.500 €	4.500 €
		3 Jahre Pflege der Anpflanzung	1	psch.	5.000 €	5.000 €
	Summe 1					90.800 €
2	Wege/ Plätze					
		Aushub	95	m³	25 €	2.375 €
		Befestigung Wege/Plätze	95	m³	50 €	4.750 €
		Sitzgruppe/Spielplatz	1	psch.	5.000 €	5.000 €
	Summe 2					12.125 €
3	Streuobstwiese					
		Pflanzung Obstbäume	1	psch.	10.000 €	10.000 €
		3 Jahre Pflege	1	psch.	7.000 €	7.000 €
	Summe 3					17.000 €
4	Straßenbegleitgrün					
		Hochstämme	15	Stück	500 €	7.500 €
		Heister/Büsche	5	Stück	100 €	500 €
		3 Jahre Pflege	1	psch.	5.000 €	5.000 €
	Summe 4					13.000 €
	Gesamtsumme 1-4 (netto)					132.925 €
	Mwst. (19 %)					25.255 €
	Gesamtsumme 1-4 (brutto)					158.180 €

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

2.3.5.2 Arbeits- und Finanzierungsplan Elsterwerda



Leistungen	Kosten
Leistungsphasen 3-9 HOAI Freianlagen	21.000 €
Leistungsphasen 3-9 HOAI Ingenieurbauwerke	9.000 €
örtliche Bauüberwachung	15.000 €
ökologische Baubegleitung	12.000 €
Baugrund/LAGA	7.000 €
Statik	5.000 €
Vermessung	5.000 €
Kartierung	3.000 €
Umweltplanung	12.000 €
Gesamtsumme (netto)	89.000 €
Mwst. (19 %)	16.910 €
Gesamtsumme (brutto)	105.910 €

Nr	Objekt	Leistungen	Menge	Einheit	Einzelpreis	Summe
1	Grünes Klassenzimmer					
		Aushub Boden + Auftrag	500	m3	15 €	7.500 €
		Oberboden abtragen + lagern	500	m2	1,70 €	850 €
		Befestigung Boden	250	m3	50 €	12.500 €
		Ausstattung (Bänke, Wand)	1	psch	5.000 €	5.000 €
		Gehölzpflanzung	1	psch	7.500 €	7.500 €
	Summe 1					33.350 €
2	Wald-/Senkengarten					
		Aushub + Auftrag	1750	m3	15 €	26.250 €
		Oberboden abtragen + Lagern	3500	m2	1,70 €	5.950 €
		Oberboden auftragen	4000	m2	7 €	28.000 €
		Gehölzpflanzung	1	psch	22.000 €	22.000 €
	Summe 2					82.200 €
3	Eidechsenberg					
		Auftrag (= Aushub Senke/Klassenzimmer/Wege)	2500	m3	4 €	10.000 €
		Oberboden abtragen + lagern	2500	m2	1,70 €	4.250 €
		Ausstattung /Schotter/Totholz)	1	psch	1.500 €	1.500 €
	Summe 3					15.750 €
4	Wegeführung					
		Aushub + Auftrag	220	m3	15 €	3.300 €
		Befestigung Weg	220	m3	50 €	11.000 €
		Gehölzpflanzung	1	psch	7.500 €	7.500 €
	Summe 4					21.800 €
5	Zugang Schlusspark/Elsterschlossgymnasium					
		Holzbohlenweg/Pfahlweg	65	m	500 €	32.500 €
		Durchlass	1	Stück	40.000 €	40.000 €
	Summe 5					72.500 €
6	Pergola					
		Aufbau, Verankerung	2	Stück	5.000 €	10.000 €
	Summe 6					10.000 €
	Gesamtsumme 1-6 (netto)					235.600 €
	Mwst. (19 %)					44.764 €
	Gesamtsumme 1-6 (brutto)					280.364 €

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3 Maßnahmen Außerorts

In den Landnutzungskategorien Land-, Forst- sowie Wasserwirtschaft, stellen die Maßnahmen

- A-II-3 Permanente Bodenbedeckung,
- A-III-1 Konservierende Bodenbearbeitung,
- A-III-2 Organische Düngung,
- A-III-3 Querfeldbewirtschaftung,
- A-IV-1 Anbau tief wurzelnder Kulturen,
- F-I-1 Bestandsneubegründung (Neuanpflanzung in Bestandswäldern) ,
- F-II-2 Ökologischer Waldumbau,
- W-I-1 Grabenverbau im Wald,
- W-I-2 Rekonstruktion von Kulturstauen sowie
- W-I-3: Stützschwellen

keine raumordnerisch relevante Flächennutzung oder Zweckbestimmung land-, forst sowie wasserwirtschaftlicher Flächen dar. Sie betrifft die Art und Weise der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen. Generell ist die Bewirtschaftungsart, -qualität durch formelle Planungsinstrumente bisher auf keiner Ebene der Raumordnung steuerbar und geben somit die Landnutzer*Innen nicht verbindlich diese Art der Bewirtschaftung vor. Kommunen können daher nur auf informelle Planungsinstrumente bzw. den Austausch mit Landnutzer*Innen setzen.

Darüber hinaus sind Kommunen oftmals Flächeneigentümer von z. B. Feldwegen, alten Wegeverbindungen, Verkehrs- oder Gewässerachsen. Hier liegt es in der Verantwortung der Kommune durch eigenes Handeln diese Maßnahmen umzusetzen. z. B. Leitbilder der Kommune und Selbstbindungsbeschlüsse, die das Verwaltungshandeln entsprechend vorgeben. Bei der frühzeitigen Beratung von Bauherren oder im Zuge von Bauantragsverfahren können diese für eine naturnahe Gartengestaltung sensibilisiert werden, z. B. durch leicht verständliche Handreichungen oder Hinweisschreiben im Rahmen des Bauantrages. Beispiel „Natur tut gut“ Gemeinde Panketal (Gemeinde Panketal, 2019). Zur Pflanzung von Bäumen auf privaten und öffentlichen Grundstücken kann auch die Idee der Geburtsbäume beitragen.

Kommunen können nur auf informelle Planungsinstrumente bzw. den Austausch mit Landnutzer*Innen, der unteren Wasserbehörde und den Wasser- und Bodenverbänden setzen. Bei der Umsetzung der Maßnahme N-II-1 Schaffung von Kleingewässern sollten Kommunen auch das Niederschlagsentwässerungssystem im Einzugsbereich des künftigen Gewässers mitplanen und so dauerhaft den Zulauf sicherstellen. Sind Verkehrsflächen und Straßen in kommunaler Trägerschaft, so liegt es in der Verantwortung der Kommune, durch eigenes Handeln diese Maßnahmen umzusetzen. Hierbei helfen z. B. Leitbilder der Kommune, Selbstbindungsbeschlüsse, die das Verwaltungshandeln entsprechend vorgeben oder die Existenz kommunaler Flächenpools.

Generell empfiehlt es sich, Maßnahmen, bei denen eine Verankerung im formellen Planwerk möglich ist, durch informelle Instrumente zu ergänzen. Steht für eine Maßnahme kein formelles Planungsinstrument zur Verfügung und die Kommune möchte diese dennoch umsetzen, sollte auf informelle Instrumente zurückgegriffen werden. Genannt werden kann das Klimaanpassungskonzept wie in Freiburg im Breisgau oder die Klimaanpassungsstrategie in der Kurstadt Bad Liebenwerda.

3.1 Maßnahmen im Bereich Landwirtschaft

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber,
Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3.1.1 A-I-1: Agroforstsysteme – Alley-Cropping

▸ Ziel der Maßnahme

Durch den kombinierten Anbau herkömmlicher Ackerkulturen mit Gehölzreihen und/oder Heckenstreifen kann Einfluss auf das Mikroklima und damit den Wasserrückhalt landwirtschaftlicher Flächen genommen werden.

▸ Beschreibung

In der Agroforstwirtschaft wird der Anbau mehrjähriger verholzender Pflanzen mit dem Anbau annueller Kulturen oder mit der Nutzung von Grünland kombiniert (Grünewald et al., 2009). Dabei werden Bäume zur (energetischen) Nutzung des Holzes oder zur Ernte der Früchte gepflanzt (Diestel, 2018).

Agroforstsysteme wie Nutzholzstreifen tragen zur Verbesserung des Kleinklimas bei.

▸ Wirksamkeit

Agroforstsysteme sorgen für ein stabiles Mikroklima (Beschattung, Windschutz) in Bodennähe (Spiecker et al., 2009). Sie sind in der Lage, in der Zeit zwischen der Ernte bis zum Herbst die lokale Verdunstung zu erhöhen (Kaeser, Palmer & Sereke, 2010). Im Winter führt der Stammabfluss Laub abwerfender Bäume und Sträucher zu einer Anreicherung des Grundwassers, wodurch den Pflanzen im folgenden Frühjahr ein größerer Wasservorrat für die Transpiration zur Verfügung steht (Diestel, 2018). Die größten Effekte sind zu erwarten, wenn die Gehölz- bzw. Heckenstreifen in Nord-Süd-Richtung angelegt werden.

▸ Synergieeffekte

Durch Umtriebszeiten von bis zu 10 Jahren binden die Gehölze Kohlenstoff und können als CO_2-Senke einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Der jährliche Laubabwurf trägt zur Humusbildung bei. Gegenüber wenig strukturierten Agrarlandschaften weisen Agroforst-Systeme eine höhere Biodiversität auf.

▸ Hemmnisse

In direkter Umgebung der Gehölzreihen kann es aufgrund des Wurzelsystems zu einer Abnahme der Bodenwassergehalte kommen, was räumlich begrenzt zu Mindererträgen führen kann (Grünewald et al., 2009). Rechtliche Unsicherheiten bestehen bezüglich der langfristigen Nutzung der Gehölze auf Pachtflächen. Agroforst-Systeme verursachen zu Beginn der Maßnahme zusätzliche Kosten für Pflanzung und Pflege der Gehölze und Anpassung der Flächenbewirtschaftung und Vermarktung. Die langfristige Bindung von Kapital und Fläche vermindert die betriebliche Flexibilität.

▸ Akteure

Grundeigentümer, Landwirtschaftsbetriebe auf Eigentumsflächen sowie auf Pachtflächen bei Zustimmung der Eigentümer.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Auf Ackerschlägen.

▸ Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Im Flächennutzungsplan ist die Darstellung von Landwirtschaftsflächen bzw. auch deren Zweckbestimmung/ Differenzierung, z. B. Ackerland, Grünland, Weinbau etc. zulässig. Im fachlichen Begleitplan zum Flächennutzungsplan, dem Landschaftsplan, können Agroforstsysteme als Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen dargestellt werden:

- Freiflächen, die zur Erhaltung oder Verbesserung des örtlichen Klimas von Bedeutung sind,
- Vermeidung von Bodenerosionen, zur Regeneration von Böden sowie zur Erhaltung und Förderung eines günstigen Bodenzustandes und
- Erhaltung oder Verbesserung des Grundwasserdargebots, Wasserrückhaltung und Renaturierung von Gewässern.

Konkrete Maßnahmen, die gem. § 5 Abs. 2 Nr. 10 BauGB aus dem Landschaftsplan in den Flächennutzungsplan übernommen werden können, sind z. B. „Angepasste Bewirtschaftung auf Flächen mit erhöhter Wassererosion" oder „Erhöhung der Strukturvielfalt durch Agroforstsysteme". Gem. § 5 Abs. 2 Nr. 2c BauGB kann diese Maßnahme auch als Anlage bzw. Einrichtung, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, dargestellt werden. Aufgrund der Maßnahmendarstellung im Flächennutzungsplan ergibt sich für Landnutzer*Innen keine Umsetzungsverpflichtung. Die Darstellung entfaltet erst Bindungswirkung, wenn Landnutzer*Innen Nutzungsänderungen an den Flächen vornehmen, z. B. Umwandlung in Grünland oder Wald.

▸ Bebauungsplan und Grünordnungsplan

Im Bebauungsplan können für Landwirtschaftsflächen Zweckbestimmungen festgesetzt werden, die auch über die im § 201 BauGB geregelten Zweckbestimmungen hinausgehen (Anhang 2.2.3.1). Agroforstsysteme können daher als Zweckbestimmung für Landwirtschaftsflächen festgesetzt werden. Da die Zielsetzung von Bebauungsplänen die planungsrechtliche Steuerung von Siedlungsbereichen ist, empfiehlt sich bei Festsetzungen auf Landwirtschaftsflächen die Umsetzung von naturschutzfachlichen Kompensationsmaßnahmen gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB in enger Abstimmung mit der Unteren Naturschutzbehörde zur Anrechenbarkeit dieser Maßnahme.

Sollen nur Freiflächen oder Landwirtschaftsflächen planerisch gesteuert werden, z. B. aus Gründen der Klimaanpassung, des Landschaftsbildes oder der Landschaftspflege, so ist der Grünordnungsplan (als Satzung unabhängig vom Bebauungsplan – Anhang 2.2.3.2) geeigneter. Zu beachten ist, dass diese Maßnahme dauerhaft festgesetzt wird bzw. durch Landnutzer*Innen umgesetzt werden muss – ein Wechsel der Bewirtschaftungsart ist dann nicht mehr zulässig. Agroforstsysteme können als Pflege- und Entwicklungsmaßnahme im Grünordnungsplan festgesetzt werden.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3.1.2 A-I-2: Landschaftsstrukturelemente

▸ Ziel der Maßnahme

Durch Landschaftselemente kann der dezentrale Wasserrückhalt gefördert und das Mikroklima im Bestand verbessert werden. Die Transpiration der Hecken und Gehölze selbst trägt zur Kühlung der offenen Landschaft bei.

▸ Beschreibung

Die Artenauswahl sollte standortbezogen erfolgen und gebietsheimische Baum- und Straucharten umfassen (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz, 2019). Eine Eingruppierung dieser Arten hinsichtlich ihrer Eignung für die freie Landschaft und unter den Bedingungen des Klimawandels wurde in Roloff & Meyer, 2008 vorgenommen. Beispiele sind Feld-Ahorn, Eberesche, Traubeneiche, Hainbuche, Eingriffliger Weißdorn, Schlehe, Gemeine Hasel, Holunder, Hunds- und Hecken-Rose.

Landschaftsstrukturelemente wie Baumreihen und Hecken sind für die Kühlung der Landschaft von Vorteil.

▸ Wirksamkeit

Landschaftsstrukturelemente tragen durch Verringerung von Oberflächenabfluss und Erhöhung des Infiltrationsvermögens zur Verbesserung des dezentralen Wasserrückhaltes bei. Durch Abbremsen der Windgeschwindigkeit wird der Abtransport von Wasser verhindert und die Ausbildung eines Mikroklimas im Kulturpflanzenbestand gefördert. Die Strukturelemente tragen durch ihre Wasseraufnahme und Transpiration zur Kühlung der Landwirtschaftsflächen bei.

▸ Synergieeffekte

Hecken und Feldgehölze dienen Pflanzen- und Tierarten als Lebensraum und Trittsteinbiotop, tragen zur visuellen Aufwertung monotoner Landschaftsbilder bei und besitzen eine Puffer- und Filterfunktion. Teilweise können Landschaftsstrukturelemente zur Ertragssteigerung der Kulturpflanzen führen (Cleugh, 1998; Brandle, Johnson & Dearmont, 1984).

▸ Hemmnisse

Schattenwurf und Wurzelkonkurrenz von Hecken und Feldgehölzen können sich negativ auf den Ertrag der Feldkulturen in unmittelbarer Nähe auswirken. Betriebswirtschaftlich führt die Maßnahme zu einem Entzug landwirtschaftlicher Nutzfläche und ggf. zu Ertragsverlusten durch größere Vorgewendeflächen sowie zu höheren Arbeits- und Maschinenkosten.

▸ Akteure

Grundeigentümer (Landwirtschaftsbetriebe), agrarstrukturelle Entwicklungsplanung, öffentliche Hand / Gebietskörperschaften (Gemeinden).

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Auf Ackerschlägen und im Grünland entlang von Wegen und Gräben sowie auf Grenzen zwischen Nutzungseinheiten.

▸ Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Aufgrund der Kleinteiligkeit von Baumreihen und Allee bzw. des Darstellungsmaßstabes des Flächennutzungsplanes können diese im Flächennutzungsplan nur linienhaft bzw. nicht parzellenscharf dargestellt werden. Im fachlichen Begleitplan zum Flächennutzungsplan, dem Landschaftsplan, können Landschaftsstrukturelemente als Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen im Hinblick auf

- Die Anlage oder Anpflanzung von Flurgehölzen, Hecken, Büschen, Schutzpflanzungen, Alleen, Baumgruppen oder Einzelbäumen und
- Erhaltung und Pflege von Baumbeständen und Grünflächen

dargestellt und als konkrete Maßnahme gem. § 5 Abs. 2 Nr. 10 BauGB als Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft, z. B. als linienhafte Darstellung in den Flächennutzungsplan übernommen werden. Gem. § 5 Abs. 2 Nr. 2c BauGB kann diese Maßnahme auch als Anlage bzw. Einrichtung, die der Anpassung an den Klimawandel dienen dargestellt werden. Aufgrund der Maßnahmendarstellung im Flächennutzungsplan ergibt sich für Landnutzer*Innen keine Umsetzungsverpflichtung. Die Darstellung entfaltet erst Bindungswirkung, wenn Landnutzer*Innen Nutzungsänderungen an den Flächen vornehmen, z. B. Umwandlung in Verkehrsflächen, Bauland.

▸ Bebauungsplan und Grünordnungsplan

In Bebauungsplänen werden städtebauliche Planungsziele festgesetzt. Gehölzpflanzungen als Landschaftselemente können daher nur im Kontext mit der planerischen Entwicklung von entsprechenden Siedlungsgebieten, Verkehrsflächen etc. geregelt werden. Diese können als Baum und Heckenpflanzungen durch zeichnerische und textliche Festsetzungen verbindlich geregelt werden. Zu beachten ist, dass Pflanz- und Erhaltungsbindungen gem. § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB nicht für Landwirtschaftsflächen und Wald festgesetzt werden können (MIL, 2022), sondern als Maßnahmen zum naturschutzrechtlichen Ausgleich gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB festgesetzt werden müssen und so eine dauerhafte Sicherung dieser ökologisch wertvollen Gehölzpflanzungen erreichen. Die Anpflanzung von Gehölzen und Bäumen ist im Land Brandenburg eine anerkannte Kompensationsmaßnahme im Rahmen des naturschutzfachlichen Ausgleichs.

Sollen nur Freiflächen oder Landwirtschaftsflächen planerisch gesteuert werden, z. B. aus Gründen der Klimaanpassung, des Landschaftsbildes oder der Landschaftspflege, so ist der Grünordnungsplan (als Satzung unabhängig vom Bebauungsplan – Anhang 2.2.2) geeigneter. Landschaftselemente können dabei als Entwicklungsmaßnahme im Grünordnungsplan festgelegt werden. Kommunen sind dann auch für die Überprüfung, der im Grünordnungsplan festgesetzten Maßnahmen zuständig.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3.1.3 A-II-1: Umwandlung von Acker in Dauergrünland

▸ Ziel der Maßnahme

Die Umwandlung von intensiv bewirtschaftetem Ackerland in Dauergrünland sorgt durch die kontinuierliche Vegetationsbedeckung für eine stete Transpiration, sofern genügend Wasser im Boden zur Verfügung steht. Zudem kann mittel- bis langfristig die Wasserinfiltration und Versickerung erhöht sowie der Oberflächenabfluss verringert werden, womit der Wasserrückhalt im Boden verbessert wird.

▸ Beschreibung

Grundlagen dieses Systems der Bodennutzung sind eine mehrjährige Vegetationsdecke aus Gräsern, Leguminosen und Kräutern sowie der Verzicht auf wendende (Pflug) und lockernde (Grubber, Scheiben) Bodenbearbeitung.

Dauergrünland kann Niederschlagswasser zurückhalten und die Fläche über die Verdunstung kühlen.

▸ Wirksamkeit

Bereits kurzfristig kann eine Reduktion der Fließgeschwindigkeit und Erosionsschutz erreicht werden. Mit zunehmender Durchwurzelung und der Etablierung von Arten mit tiefreichenden Wurzeln verbessert sich das Infiltrationsvermögen für Niederschlagswasser und der Bodenwasserspeicher nimmt zu. Für eine kontinuierliche Wirksamkeit muss auf eine spätere Rückumwandlung von Dauergrünland in Ackerflächen verzichtet werden. Um eine hohe Infiltrationsfähigkeit auf den Grünlandflächen zu erhalten, müssen diese bodenschonend bewirtschaftet und regelmäßig gepflegt werden.

▸ Synergieeffekte

Je nach Landschaftsstruktur, Artenausstattung und Nutzungsintensität kann eine Verbesserung der Lebensraumfunktion und Biotopvernetzung für Tier- und Pflanzenarten des Offenlandes erreicht werden. Durch verringerte Nitrateinträge wird ein Beitrag zum Grundwasserschutz geleistet. Da das Naturschutzbewusstsein der Bevölkerung häufig mit Wiesen und Weiden assoziiert ist, kann durch die Schaffung von Dauergrünlandflächen das Image der Landwirtschaft verbessert werden.

▸ Hemmnisse

Durch die Umwandlung in Dauergrünland geht Ackerfläche dauerhaft verloren, wodurch den Betrieben Ertrags- und Gewinndefizite (u.a. auch Verzicht auf Deckungsbeiträge für sonst genutzte Fruchtfolgen) entstehen. Für Eigentümer verringert sich der Verkaufswert der Flächen.

▸ Akteure

Grundeigentümer, Landwirtschaftsbetriebe auf Eigentumsflächen sowie auf Pachtflächen bei Zustimmung der Eigentümer.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Auf Ackerschlägen.

▸ Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Im Flächennutzungsplan kann eine Grünlandnutzung auf Landwirtschaftsflächen dargestellt werden. Im Landschaftsplan sind u.a. Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen zur Vermeidung von Bodenerosionen, zur Regeneration von Böden sowie zur Erhaltung und Förderung eines günstigen Bodenzustandes möglich.

Die Umwandlung von Ackerland in Grünland bzw. von intensiv genutztem Grünland in extensiv genutztes Grünland kann gem. § 5 Abs. 2 Nr. 10 BauGB als Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft, z. B. als

- Angepasste Bewirtschaftung auf Flächen mit erhöhter Wassererosion
- Erhöhung der Strukturvielfalt durch Anbau von Dauerkulturen

als Darstellung in den Flächennutzungsplan übernommen werden. Gem. § 5 Abs. 2 Nr. 2c BauGB kann diese Maßnahme auch als Anlage bzw. Einrichtung, die der Anpassung an den Klimawandel dienen dargestellt werden. Aufgrund der Maßnahmendarstellung im Flächennutzungsplan ergibt sich für Landnutzer*Innen keine Umsetzungsverpflichtung. Die Darstellung entfaltet erst Bindungswirkung, wenn Landnutzer*Innen Nutzungsänderungen an den Flächen vornehmen, z. B. Umwandlung in Ackerland oder Wald.

▸ Bebauungsplan und Grünordnungsplan

Im Bebauungsplan können für Landwirtschaftsflächen Zweckbestimmungen festgesetzt werden, die auch über die im § 201 BauGB geregelten Zweckbestimmungen hinausgehen (Anhang 2.2.3.1). Grünlandnutzung kann daher als Zweckbestimmung für Landwirtschaftsflächen festgesetzt werden. Da die Zielsetzung von Bebauungsplänen die planungsrechtliche Steuerung von Siedlungsbereichen ist, empfiehlt sich bei Festsetzungen auf Landwirtschaftsflächen die Umsetzung von naturschutzfachlichen Kompensationsmaßnahmen gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB in enger Abstimmung mit der unteren Naturschutzbehörde zur Anrechenbarkeit dieser Maßnahme.

Sollen nur Freiflächen oder Landwirtschaftsflächen planerisch gesteuert werden, z. B. aus Gründen der Klimaanpassung, des Landschaftsbildes oder der Landschaftspflege, so ist der Grünordnungsplan (als Satzung unabhängig vom Bebauungsplan, Anhang 2.2.2) geeigneter. Die Umwandlung von Ackerland in Grünland kann dabei als Entwicklungsmaßnahme festgesetzt werden. Das Umbruchverbot von Grünland gem. § 5 Abs. 2 Nr. Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) sichert diese Maßnahme dauerhaft. Für die Überprüfung der, im Grünordnungsplan festgesetzten, Maßnahmen sind die Kommunen zuständig.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3.1.4 A-II-2: Anbau von Dauerkulturen

▸ Ziel der Maßnahme

Durch die längere Bodenbedeckung und intensivere Durchwurzelung von Dauerkulturen im Vergleich zu einjährigen Kulturen kann die Verdunstung gesteigert werden.

▸ Beschreibung

Dauerkulturen wie Durchwachsene Silphie und Miscanthus werden über mehrere Jahre ohne Umbruch oder Bodenbearbeitung auf einer Fläche kultiviert. Die Maßnahme greift, wenn eine Bodenbearbeitung nur im ersten Jahr zur Aussaat oder Pflanzung der Dauerkultur stattfindet und der Boden in den Folgejahren nur zu Erntezwecken befahren wird.

Miscanthus als Beispiel für eine Dauerkultur.

▸ Wirksamkeit

Der Anbau von mehrjährigen Kulturen ermöglicht neben einer dauerhaft geschlossenen Bodendecke auch die Entwicklung eines tiefer reichenden Wurzelsystems. In Trockenphasen kann deshalb durch eine Wasserversorgung aus dem Unterboden die Transpirationsaktivität der Pflanzen aufrechterhalten werden.

▸ Synergieeffekte

Bodenerosion wird durch den kontinuierlichen Bewuchs nahezu ausgeschlossen, zumal Erntereste und abgestorbene Pflanzenteile als Mulchschicht auf der Fläche verbleiben. Durch langfristige Bodenruhe wird der Humusaufbau gefördert, die Maßnahme kann damit auch einen Beitrag zum Klimaschutz leisten (Kohlenstoff-Senke). Dauerkulturen tragen zur Erhöhung der Vielfalt an Kulturen und Habitaten in der Landschaft bei. Sie erweitern somit das Angebot an Deckungsmöglichkeiten und Lebensräumen für die Fauna in der Agrarlandschaft. So können sie beispielsweise attraktive Blütenpflanzen für Insekten sein (z. B. Durchwachsene Silphie) und durch eine Blühdauer von mehreren Monaten über einen langen Zeitraum Nektar und Pollen bereitstellen. Dauerkulturen können zudem Stickstoff im Boden besser ausnutzen und verringern somit die Auswaschungsgefahr.

▸ Hemmnisse

Der Anbau von Dauerkulturen ist meist weniger ertragreich und züchterisch optimierten, konventionellen Ackerkulturen unterlegen. Zudem hängt die Ertragsleistung vom Standort ab und wird stark durch den Anwuchserfolg im ersten Jahr beeinflusst. Dauerkulturen werden häufig nicht auf Pachtflächen präferiert, da deren Verfügbarkeit meist nicht langfristig gesichert ist.

▸ Akteure

Grundeigentümer, Landwirtschaftsbetriebe vorrangig auf Eigentumsflächen.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Auf Ackerschlägen.

▸ Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Im Flächennutzungsplan ist die Darstellung von Landwirtschaftsflächen möglich. Im fachlichen

Begleitplan zum Flächennutzungsplan, dem Landschaftsplan können Flächen für Dauerkulturen als Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen dargestellt werden:

- Freiflächen, die zur Erhaltung oder Verbesserung des örtlichen Klimas von Bedeutung sind,
- Vermeidung von Bodenerosionen, zur Regeneration von Böden sowie zur Erhaltung und Förderung eines günstigen Bodenzustandes und
- Erhaltung oder Verbesserung des Grundwasserdargebots, Wasserrückhaltung und Renaturierung von Gewässern

Der Anbau von Dauerkulturen kann gem. § 5 Abs. 2 Nr. 10 BauGB als Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft, z. B. als

- Angepasste Bewirtschaftung auf Flächen mit erhöhter Wassererosion
- Erhöhung der Strukturvielfalt durch Anbau von Dauerkulturen

als Darstellung in den Flächennutzungsplan übernommen werden. Gem. § 5 Abs. 2 Nr. 2c BauGB kann diese Maßnahme auch als Anlage bzw. Einrichtung, die der Anpassung an den Klimawandel dienen dargestellt werden. Aufgrund der Maßnahmendarstellung im Flächennutzungsplan ergibt sich für Landnutzer*Innen keine Umsetzungsverpflichtung. Die Darstellung entfaltet erst Bindungswirkung, wenn Landnutzer*Innen Nutzungsänderungen an den Flächen vornehmen, z. B. Umwandlung in Ackerland oder Wald.

► Bebauungsplan und Grünordnungsplan

Im Bebauungsplan können für Landwirtschaftsflächen Zweckbestimmungen festgesetzt werden, die auch über die im § 201 BauGB geregelten Zweckbestimmungen hinausgehen (Anhang 2.2.3.1). Flächen für Dauerkulturen können daher als Zweckbestimmung für Landwirtschaftsflächen festgesetzt werden. Da die Zielsetzung von Bebauungsplänen die planungsrechtliche Steuerung von Siedlungsbereichen ist, empfiehlt sich bei Festsetzungen auf Landwirtschaftsflächen die Umsetzung von naturschutzfachlichen Kompensationsmaßnahmen gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB in enger Abstimmung mit der unteren Naturschutzbehörde.

Sollen nur Freiflächen oder Landwirtschaftsflächen planerisch gesteuert werden, z. B. aus Gründen der Klimaanpassung, des Landschaftsbildes oder der Landschaftspflege, so ist der Grünordnungsplan (als Satzung unabhängig vom Bebauungsplan – Anhang 2.2.2) geeigneter. Die Ausweisung von Flächen für den Anbau von Dauerkulturen kann als Entwicklungsmaßnahme im Grünordnungsplan festgesetzt werden. Zu beachten ist, dass diese Maßnahme dauerhaft festgesetzt wird bzw. durch Landnutzer*Innen umgesetzt werden muss – ein Wechsel der Bewirtschaftungsart ist dann nicht mehr zulässig.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3.1.5 A-II-3: Permanente Bodenbedeckung

▸ Ziel der Maßnahme

Die Maßnahme soll Wasser- und Winderosion vorbeugen und damit das Risiko von Oberflächenabfluss und Verschlämmung des Bodens vermindern.

▸ Beschreibung

Veränderte Niederschlagsverteilungen mit häufigerem Starkregen erhöhen das Risiko für Erosion vor allem auf unbedeckten Böden und beim Anbau langsam wachsender und wenig deckender Reihenfruchtarten. Die Gefahr von Deflation ist bei geringer oder fehlender Bodenbedeckung und gleichzeitig hohem Windaufkommen bedeutsam. Die Fruchtfolgegestaltung bestimmt die Dauer und Häufigkeit des Auftretens von Perioden ohne oder mit reduzierter Bodenbedeckung. Zur Umsetzung sind Fruchtfolgen geeignet, die Fruchtarten mit engen Reihenabständen integrieren, eine reduzierte Bodenbedeckung nur über kurze Perioden aufweisen oder Zwischenfrüchte integrieren.

Unter dem Getreide ist die spätere Zwischenfrucht bereits mit ausgesät.

▸ Wirksamkeit

Erosionsvermeidung kann zu einem verbesserten Wasserrückhalt beitragen. Nach (Brunotte et al., 2016) schützt ein Bodenbedeckungsgrad von 30-40 % bereits vor einem Bodenabtrag. Die effektive Wirksamkeit, d. h. der mögliche Wasserrückhalt auf der Fläche, hängt von Faktoren wie Topographie, Bodenart, Schadverdichtungen, der angebauten Kultur bzw. der Bewirtschaftung sowie der Dauer und Intensität der Niederschlagsereignisse ab.

▸ Synergieeffekte

Die Vermeidung von Erosion fördert den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit. Zwischenfrüchte und Untersaaten stabilisieren das Bodengefüge durch ein dichtes Wurzelwerk, wodurch Lasteinträge z. B. zur Ernte weniger invasiv wirken und Schadverdichtungen entgegenwirken. Nährstoffverluste durch Auswaschung werden verringert. Klee und Luzerne dienen als Pollen- und Nektarquellen für Insekten.

▸ Hemmnisse

Der Anbau von Zwischenfrüchten bedarf zusätzlicher Arbeitsgänge. Eine späte Hauptfruchternte infolge von witterungsbedingter Reifeverzögerung kann den Zwischenfruchtanbau verhindern. In niederschlagsarmen Regionen bzw. bei ausgeprägter Frühjahrstrockenheit kann der Wasserverbrauch der Zwischenfrucht den Anbau der folgenden Hauptkultur gefährden.

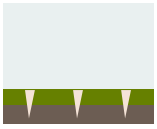
▸ Akteure

Landwirtschaftsbetriebe.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Auf Ackerflächen.

3.1.6 A-III-1: Konservierende Bodenbearbeitung



▸ Ziel der Maßnahme

Mulch- und Direktsaat verringern die unproduktive Evaporation aus den oberen Bodenschichten und verbessern die Wasserinfiltration und Durchlüftung des Bodens. Damit geht eine tiefere und intensivere Durchwurzelung einher.

▸ Beschreibung

Durch den Einsatz nicht wendender Bodenbearbeitungsgeräte (z. B. Grubber, Scheibenegge) bzw. durch Direktsaat verbleibt eine bodenbedeckende Mulchschicht auf der Fläche. Die Fruchtfolgeglieder sollten so kombiniert werden, dass sie u. a. zur Bodenlockerung durch Wurzeln und Unterdrückung von Beikräutern und Schadinsekten beitragen.

Mulch- und Direktsaat können zur Verbesserung des Wasserhaushaltes der Kulturen beitragen.

▸ Wirksamkeit

Bei konservierender Bodenbearbeitung können höhere Bodenfeuchten und eine geringere Evaporation auftreten als bei konventioneller wendender Bearbeitung mit dem Pflug (Blevins et al., 1983; Copec et al., 2015). Die bei Mulch- und Direktsaat vorhandene Mulchschicht aus abgestorbenen Pflanzenresten trägt dazu bei, die unproduktive Evaporation aus den oberen Bodenschichten zu verringern. Durch fehlende Pflughorizonte und einen höheren Anteil an Regenwurmgängen ist darüber hinaus die Wasserinfiltration auf Standorten mit konservierender Bodenbearbeitung deutlich höher als bei Pflugeinsatz (Chervet et al., 2006).

▸ Synergieeffekte

Durch die Vermeidung von Oberflächenabfluss wird die Erosion verringert, was sich positiv auf die Ertragsfähigkeit der Fläche auswirkt. Die Bodenbiologie wird durch den weniger invasiven Eingriff in den Boden gefördert.

▸ Hemmnisse

Durch die Mulchauflage kann es zu verzögertem Abtrocken und einer langsameren Erwärmung der Flächen im Frühjahr kommen. Alternative Verfahren zur Ackerbeikrautbekämpfung werden notwendig. Eine effektive mechanische Beikrautbekämpfung (z. B. mittels Grubber) setzt bei flacher und präziser Tiefenführung eine möglichst ebene Fläche voraus.

▸ Akteure

Landwirtschaftsbetriebe.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Auf Ackerschlägen.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3.1.7 A-III-2: Organische Düngung

▸ Ziel der Maßnahme

Durch die kontinuierliche Ausbringung von organischer Substanz wird die Wasserhaltefähigkeit im Oberboden verbessert. Dadurch verzögert sich die Austrocknung in Wassermangelsituationen, womit eine länger andauernde Transpiration und Kühlleistung der Ackerkultur gewährleistet wird.

▸ Beschreibung

Kompost besitzt aufgrund des weiten C/N-Verhältnisses im Gegensatz zu Gärresten oder Gülle einen hohen Anteil an humuswirksamen organischen Substanzen und ist damit anderen organischen Düngemitteln vorzuziehen. Gerade in Böden mit grobkörniger Textur ist alternativ die Zugabe von stabilen Kohlenstoffverbindungen in Form von porösen Biokohlen oder Biokohlesubstrate möglich. Die Ausbringung kann, ähnlich einer Düngemaßnahme, beispielsweise über betriebseigene Kompost- oder Miststreuer erfolgen.

Für die organische Düngung kommen verschiedene Ausgangsstoffe wie Stallmist, Kompost und Biokohle(-substrate) in Betracht.

▸ Wirksamkeit

Die Wirksamkeit hängt von Qualität und Menge der Bodenverbesserungsmittel ab. Die Humusakkumulation wirkt sich positiv auf die Aggregatstabilität und das Bodengefüge aus, verringert die Lagerungsdichte und erhöht das Porenvolumen und die Wasserspeicherkapazität, v. a. auf leichten Böden (Kolbe, 2012; Fuchs, Bieri & Chardonnens, 2004). In bindigeren Böden kann eine bessere Durchlüftung und Wasserinfiltration erreicht werden. Da organische Substanz im Boden einem ständigen mikrobiellen Abbau unterliegt, ist das Potenzial zur langfristigen Speicherung von Kohlenstoff begrenzt (Wiesmeier et al., 2017).

▸ Synergieeffekte

Humus bzw. organische Bodensubstanz fungieren als Speicher für Nährstoffe (N, S, P). Damit verbessern sich die Ertragsfähigkeit des Standortes sowie die Qualität der erzeugten Produkte (Körschens, 1997; Dreymann, Loges & Taube, 2003; Benkenstein et al., 2008; Rößler et al., 2015; Zorn & Schröter, 2015).

▸ Hemmnisse

Die Einbringung organischen Materials ist durch dessen Verfügbarkeit und die jährlich zulässige Stickstoffmenge begrenzt. Für das Vorhalten des Wirtschaftsdüngers sind ausreichende Lagerkapazitäten erforderlich. Bodenverbesserungsmittel auf der Basis von Biokohle und Biokohlesubstraten sind z. Z. kostspieliger als mineralische Düngemittel.

▸ Akteure

Landwirtschaftsbetriebe.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Auf Ackerflächen.

3.1.8 A-III-3: Querfeldbewirtschaftung

▸ Ziel der Maßnahme

Quer zum Hang verlaufende Bearbeitungsspuren erzeugen kleine, stauende Barrieren, die flächenhaft eine Verbesserung des kleinräumigen Rückhaltes von Oberflächenwasser ermöglichen.

▸ Beschreibung

Statt in Richtung des Gefälles erfolgt die Bearbeitung des Schlages quer zum Hang, wodurch Mulden- und Rillenstrukturen entstehen, die dem Oberflächenabfluss Widerstand bieten und damit die Wasserinfiltration verbessern können. Die Maßnahme eignet sich für Schläge mit einer Hangneigung von max. 15 % und einer Breite von bis zu 100 m. Die Maßnahme ist in der landwirtschaftlichen Praxis einfacher umzusetzen als die methodisch verwandte Konturbewirtschaftung. Bei der Planung ist zu beachten, dass sich im Hinblick auf die Bewirtschaftung Nachteile ergeben, wenn sich die Schlaglänge gegenüber der ursprünglichen Bearbeitungsrichtung deutlich verkürzt. Eine Voraussetzung ist zudem, dass der Schlag über Feld- bzw. Wirtschaftswege parallel zum Hanggefälle erschlossen bzw. befahren werden kann.

Durch das Pflügen mit dem Hang wird die Erosion verstärkt – deshalb sollte die Bodenbearbeitung quer zum Hang ausgerichtet sein.

▸ Wirksamkeit

Der Wirkungsgrad ist als großflächige Maßnahme schwer zu erfassen, Modellierungen gehen aber von einer Reduzierung des Oberflächenabflusses um ca. 5 % aus. Die Maßnahme ist besonders in Verbindung mit Mulchsaat und bei einer geringen erosiv wirksamen Hanglänge wirksam.

▸ Synergieeffekte

Die Minderung von Oberflächenabfluss wirkt der Bodenerosion entgegen und fördert damit den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit landwirtschaftlicher Nutzflächen.

▸ Hemmnisse

Fehlen seitliche Erschließungswege in Gefällerichtung, kommt es v. a. bei der Bergung und Abfuhr von Erntegut zu mehr Überfahrten der seitlichen Randbereiche des Schlages (Vorgewende), was insgesamt mit höheren Lasteinträgen und einer stärkeren Verdichtung des Bodens verbunden ist. Ein höherer Arbeits- und Zeitaufwand kann entstehen, wenn sich die Feldlänge durch die Änderung der Bewirtschaftungsrichtung stark verkürzt.

▸ Akteure

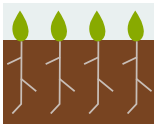
Landwirtschaftsbetriebe.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Auf Ackerflächen mit Hangneigungen, die größer oder gleich 2 % sind.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3.1.9 A-IV-1: Anbau tief wurzelnder Kulturen



▸ Ziel der Maßnahme

Der Anbau von möglichst tief wurzelnden Feldfrüchten ermöglicht die Nutzung der Wasservorräte des Unterbodens und stellt damit die Transpiration des Pflanzenbestandes sicher, wenn Niederschläge ausbleiben und der Wasservorrat im Oberboden aufgebraucht ist.

▸ Beschreibung

Luzerne ist ein Beispiel für eine tief wurzelnde Kultur.

Die pflanzliche Wasserversorgung und damit auch das Transpirationsvermögen hängen neben dem im Wurzelraum des jeweiligen Bodens potentiell verfügbarem Wasser auch stark von der Fähigkeit der Pflanzen ab, den Boden möglichst tiefgründig zu durchwurzeln. Flach wurzelnde Kulturen wie Kartoffeln schöpfen das Bodenwasser lediglich aus Tiefen von maximal 0,9 bis 1,5 m aus, auch die Wurzeln von Gräsern reichen kaum tiefer als 50 cm (Blume et al., 2010). Auch eine Wassernachlieferung aus oberflächennahem Grundwasser kommt u.U. nur tief wurzelnden Ackerkulturen zugute. Zu diesen zählen nach Blume et al., 2010 im mitteleuropäischen Raum u. a. Winterweizen, Winterraps, Zuckerrübe und Luzerne. Die tatsächliche Wurzeltiefe ist jedoch immer auch standortabhängig.

▸ Wirksamkeit

Die Wirksamkeit der Maßnahme im Hinblick auf die Transpiration wird bestimmt durch die Menge des pflanzenverfügbaren Wassers in tieferen Bodenschichten, die Durchwurzelbarkeit des Bodens und den Einfluss von Grundwasser.

▸ Synergieeffekte

Tief wurzelnde Pflanzen können in tiefere Bodenschichten verlagerte Nährstoffe wieder die Krume holen. Die Durchwurzelung des Unterbodens hinterlässt Makroporen, durch welche Niederschlags- und Sickerwasser schneller und tiefer in den Boden infiltrieren kann, was letztlich sowohl der Grundwasserneubildung zugute kommt als auch den tiefgründigen Bodenwasservorrat auffüllt.

▸ Hemmnisse

Wird in der Fruchtfolge auf flach wurzelnde Kulturpflanzen wie Kartoffeln komplett verzichtet, kann dies ökonomische Nachteile mit sich bringen.

▸ Akteure

Landwirtschaftsbetriebe.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Auf Ackerflächen.

3.1.10 A-V-1: Aufforstung marginaler Ackerstandorte

▸ Ziel der Maßnahme

Da Wälder eine ganzjährig höhere Verdunstung als Ackerflächen aufweisen, tragen sie zur Kühlung der Landschaft bei.

▸ Beschreibung

Bei einer Acker-Erstaufforstung werden Bäume auf einer bisher landwirtschaftlich genutzten Fläche gepflanzt, um einen Dauerwald im Sinne des Waldgesetzes entstehen zu lassen. Der Ackerstatus der Fläche geht damit verloren. Die Abgrenzung zu Kurzumtriebsplantagen, die nicht als Wald gelten, erfolgt durch die angestrebten, in der Regel wesentlich längeren Umtriebszeiten der Wälder von 80 bis 200 Jahren.

Blick auf eine Erstaufforstung mit Eichen.

Erstaufforstungen gemäß §9 Landeswaldgesetz Brandenburg bedürfen einer Genehmigung der unteren Forstbehörde. Akteure haben bei Erstaufforstungen grundsätzlich eine freie Wahl der Baumarten. Einschränkungen ergeben sich aber möglicherweise aus der Stellungnahme der unteren Naturschutzbehörde. Um eine standortgerechte Auswahl zu treffen und eine Entwicklung zu langfristig stabilen Waldbeständen sicherzustellen, sollten bei der Artenauswahl die Bestandeszieltypen für die Wälder des Landes Brandenburg (Luthardt, 2006) berücksichtigt werden.

Die Maßnahme zielt auf marginale Standorte ab (Ackerzahl < 23), denn hier werden im Rahmen der guten fachlichen Praxis landesweit die geringsten Erträge mit landwirtschaftlichen Kulturen erzielt.

▸ Wirksamkeit

Wälder weisen unter anderem aufgrund ihrer großen Gesamtblattfläche und der ganzjährigen Interzeption des Kronendachs und der Rinde im Vergleich zu Ackerkulturen eine höhere Evapotranspiration auf.

▸ Synergieeffekte

Wälder leisten einen erheblichen Beitrag zur Verminderung oder Vermeidung von Bodenerosion, verbessern das Mikroklima auf im Luv angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen und besitzen vielfältige ökologische Funktionen.

▸ Hemmnisse

Der Schattenwurf und die Wurzelkonkurrenz der Bäume kann sich negativ auf den Aufwuchs der angebauten Feldkulturen in unmittelbarer Nähe auswirken.

▸ Akteure

Grundeigentümer.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Auf Ackerschlägen mit einer mittleren Ackerzahl < 23.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

▸ Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Genau wie beim Alley Crooping ist die Darstellung von Waldflächen sowie Aufforstungsflächen im Flächennutzungsplan zulässig. Im fachlichen Begleitplan zum Flächennutzungsplan, dem Landschaftsplan können Aufforstungsflächen als Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen dargestellt werden:

- Freiflächen, die zur Erhaltung oder Verbesserung des örtlichen Klimas von Bedeutung sind,
- Vermeidung von Bodenerosionen, zur Regeneration von Böden sowie zur Erhaltung und Förderung eines günstigen Bodenzustandes und
- Erhaltung oder Verbesserung des Grundwasserdargebots, Wasserrückhaltung und Renaturierung von Gewässern

Gem. § 5 Abs. 2 Nr. 10 BauGB können Erstaufforstungsflächen im Flächennutzungsplan als Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft und auch gesondert als Aufforstungsflächen dargestellt werden. Gem. § 5 Abs. 2 Nr. 2c BauGB kann diese Maßnahme auch als Anlage bzw. Einrichtung, die der Anpassung an den Klimawandel dienen dargestellt werden. Aufgrund der Maßnahmendarstellung im Flächennutzungsplan ergibt sich für Landnutzer*Innen keine Umsetzungsverpflichtung. Die Darstellung entfaltet erst Bindungswirkung, wenn Landnutzer*Innen Nutzungsänderungen an den Flächen vornehmen, z. B. Umwandlung in Grünland oder Bauland.

▸ Bebauungsplan und Grünordnungsplan

Im Zusammenhang mit der planerischen Steuerung von Siedlungsbereichen, Verkehrsflächen etc. können Erstaufforstungsflächen gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB als Flächen oder Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft im Bebauungsplan festgesetzt werden. Erstaufforstung ist im Land Brandenburg eine anerkannte Ausgleichsmaßnahme im Sinne des naturschutzrechtlichen Ausgleichs.

Eine Erstaufforstung bedarf gem. § 9 des Waldgesetzes des Landes Brandenburg (LWaldG) der Genehmigung. Eine frühzeitige Abstimmung mit der Unteren Naturschutz-, Landwirtschafts- und Forstbehörde ist erforderlich.

Sollen nur Freiflächen oder Landwirtschaftsflächen planerisch gesteuert werden, z. B. aus Gründen der Klimaanpassung, des Landschaftsbildes oder der Landschaftspflege, so ist der Grünordnungsplan (als Satzung unabhängig vom Bebauungsplan, Anhang 2.2.2) geeigneter. Zu beachten ist, dass diese Maßnahme dauerhaft festgesetzt wird bzw. durch Landnutzer*Innen umgesetzt werden muss – ein Wechsel der Nutzungsart ist dann nicht mehr zulässig bzw. bedarf der Waldumwandlung. Auch hierbei bedarf es gem. § 9 des Waldgesetzes des Landes Brandenburg (LWaldG) der Genehmigung. Eine frühzeitige Abstimmung mit der Unteren Naturschutz-, Landwirtschafts- und Forstbehörde ist erforderlich.

3.2 Maßnahmen im Bereich Forstwirtschaft

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber,
Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3.2.1 F-I-1: Walderneuerung

▸ Ziel der Maßnahme

Zu stark aufgelichtete und teils abgängige Waldbestände sollen mit standortgerechten Baumarten aufgefüllt werden. Ein weiterer Ausgangszustand für diese Maßnahme sind Kleinkahlschläge.

▸ Beschreibung

Unter dem verbliebenen Schirm wurden Zielbaumarten wie Trauben- und Stieleichen gepflanzt.

Sind durch Windwurf, Trockenheit, Waldbrand oder Schädlingsbefall Waldbestände stark vorgeschädigt bzw. in Auflösung, sollte die Neubegründung mit gebietsheimischen, standort- und klimagerechten Baumarten erfolgen (Bartsch, Lüpke & Röhrig, 2020; Staatsbetrieb Sachsenforst, 2016; Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2021). Soweit möglich wird auf Naturverjüngung gesetzt. Sollte diese nicht ausreichen oder handelt es sich um große Kalamitätsflächen, ist Direktsaat der Pflanzung vorzuziehen. Mehrkosten fallen ggf. an, wenn nicht direkt nach der Kalamität gehandelt wird und die Bestände vergrasen oder verbuschen. Dann ist die Konkurrenz durch Gräser und Sträucher mittels geeigneter Methoden zu verringern, häufig wiederholt bis zur Etablierung des neuen Waldbestandes. Bei sehr starker Auflichtung erhöht sich das Ausfallrisiko für die Setzlinge durch Konkurrenz der Begleitvegetation und da sie nicht vor Hitze und Austrocknung geschützt sind.

▸ Wirksamkeit

Durch den zunehmenden Kronenschirm der heranwachsenden Bäume erhöht sich deren Verdunstung und damit die Kühlung gegenüber dem lückigen Ausgangszustand. Ersetzt zudem ein standortgerechter Laub- oder Mischwald einen früheren Kiefern-Reinbestand, ist ein ausgeglicheneres Bestandesklima und eine verbesserte Kühlung zu erwarten.

▸ Synergieeffekte

Entstehen durch eine Bestandesneubegründung Laub- und Mischbestände in ehemaligen Kiefern-Reinbeständen, ist eine geringere Interzeptionsverdunstung und eine höhere Tiefensickerung bzw. Grundwasserneubildung zu erwarten (Fritz, 2006; Ellison et al., 2017; Müller, 2019; Gutsch et al., 2011; Natkhin et al., 2012). Laub- und Mischbestände reduzieren zudem aufgrund ihres feuchteren Waldinnenklimas die Gefahr von Waldbränden (Schelhaas, Nabuurs & Schuck, 2003). Weitere Kalamitäten wie Windbruch und Dürren sind ebenfalls weniger wahrscheinlich als in reinen Nadelholzbeständen (Schelhaas, Nabuurs & Schuck, 2003; Steckel et al., 2020).

▸ Hemmnisse

Die Förderung und Einbringung von standortgerechten Laubbäumen anstelle von risikoreichen Kiefernmonokulturen erfordert ein generelles Umdenken in allen Waldbesitzarten, da die Kiefer über Jahrzehnte als der »Brotbaum« der Lausitz galt und in der Region noch dreiviertel der Waldbesto-

ckung ausmacht. Eine Bestandesneubegründung erzeugt Kosten für Pflanzmaterial, Zäunung und Kulturpflege. Die Entscheidung, ob die Naturverjüngung allein für eine Walderneuerung ausreicht, erfordert forstliches Fachwissen.

► Akteure

Waldbesitzer.

► Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Sehr stark aufgelichtete Waldbestände.

► Räumliche Planung

Die Neuanpflanzung in Bestandswäldern stellt keine raumordnerisch relevante Flächennutzung oder Zweckbestimmung forstwirtschaftlicher Flächen dar. Kommunen können daher nur auf informelle Planungsinstrumente bzw. den Austausch mit Landnutzer*Innen setzen. Dies gilt ebenso für den ökolgischen Waldumbau (Maßnahme F-II-2).

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3.2.2 F-II-1: Strukturreiche Waldaußenränder

▸ Ziel der Maßnahme

Zur Verbesserung des Waldinnenklimas und zum Schutz des Waldes vor Extremwetterereignissen sollen strukturreiche Waldaußenränder entwickelt werden.

▸ Beschreibung

Für die Entwicklung naturnaher, ökologisch vielfältiger und stabilisierend wirkender Waldaußenränder sind vielgestaltige Übergangszonen vom Wald zum Offenland anzustreben, in der sich Kraut-, Strauch- und Baumschicht mosaikartig durchmischen. Dafür wird eine Flächentiefe von 20 bis 30 m empfohlen (Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, 2004). Durch kleine Ausbuchtungen entstehen Schatten- und Sonnenseiten, die den Habitatwert erhöhen. Die meisten Waldränder im Landkreis Elbe-Elster bestehen aktuell nur aus dem Trauf der Hauptbaumart. Die Baum- und Straucharten sollten sich an umliegenden Waldrändern, Hecken und Feldgehölzen orientieren; Hinweise geben Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, 2004 und Roloff & Grundmann, 2008. In der Etablierungsphase ist i.d.R. eine Zäunung erforderlich, ggf. auch Pflegemaßnahmen.

Ein strukturreicher Waldaußenrand im Übergang zu einem Feuchtgebiet.

▸ Wirksamkeit

Ein strukturreicher Waldaußenrand kann als Pufferzone für die Bestockung angesehen werden. Er übt einen ausgleichenden Einfluss auf Strahlungs-, Temperatur- und Feuchteverhältnisse im dahinterliegenden Waldbestand aus (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz, 2020). Dadurch wird das Bestandesinnenklima vor Temperaturextremen und Aushagerung durch Wind geschützt (Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, 2004).

▸ Synergieeffekte

Waldränder schützen den angrenzenden Hauptbestand vor Wind- und Wassererosion, Stoffeinträgen, Frost- und Sturmschäden sowie Waldbränden (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz, 2020; Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, 2004). Es entstehen wertvolle Habitate für Vögel (McCollin, 1998; Terraube et al., 2016) und Säugetiere (Schlinkert et al., 2016). Als streifenförmiges Landschaftselement dient er dem Biotopverbund und wertet das Landschaftsbild auf.

▸ Hemmnisse

Mit einem strukturreichen Waldrand von passender Breite geht ein Teil der forstwirtschaftlichen Nutzfläche und damit des Holzertrags verloren. Der Krautsaum bedarf regelmäßiger Pflege.

▸ Akteure

Waldbesitzer.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Waldaußenränder.

▸ Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Im Flächennutzungsplan ist die Darstellung von Waldflächen zulässig. Nach Überprüfung der Darstellbarkeit können im fachlichen Begleitplan zum Flächennutzungsplan, dem Landschaftsplan strukturreiche Waldaußenränder als Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen dargestellt werden:

- den Arten- und Biotopschutz unter Berücksichtigung der Ausbreitungslinien von Tieren und Pflanzen wild lebender Arten, insbesondere der besonders geschützten Arten,
- Vermeidung von Bodenerosionen, zur Regeneration von Böden sowie zur Erhaltung und Förderung eines günstigen Bodenzustandes,
- Erhaltung oder Verbesserung des Grundwasserdargebots, Wasserrückhaltung und Renaturierung von Gewässern,
- Erhaltung der für Brandenburg typischen Landschafts- und Ortsbilder,
- Anlage oder Anpflanzung von Flurgehölzen, Hecken, Büschen, Schutzpflanzungen, Alleen, Baumgruppen oder Einzelbäumen.

Gem. § 5 Abs. 2 Nr. 10 BauGB kann die Ausbildung von strukturreichen Waldrändern im Flächennutzungsplan als Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft dargestellt werden. Hierbei ist die Kleinteiligkeit bzw. Darstellbarkeit im Flächennutzungsplan zu beachten. Aufgrund der Maßnahmendarstellung im Flächennutzungsplan ergibt sich für Landnutzer*Innen keine Umsetzungsverpflichtung. Die Darstellung entfaltet erst Bindungswirkung, wenn Landnutzer*Innen Nutzungsänderungen an den Flächen vornehmen, z. B. Umwandlung in Landwirtschaftsfläche oder Bauland.

▸ Bebauungsplan und Grünordnungsplan

Im Zusammenhang mit Bebauungsplänen ist die Entwicklung von strukturreichen Waldrändern nicht als Waldfläche mit z. B. entsprechender Zweckbestimmung zulässig. Diese Maßnahme ist als Flächen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB regelbar. Die Anerkennung dieser Maßnahme als Ausgleichmaßnahme bedarf der frühzeitigen Abstimmung mit der Unteren Naturschutz- und Forstbehörde.

Sollen nur Freiflächen oder Landwirtschaftsflächen planerisch gesteuert werden, z. B. aus Gründen der Klimaanpassung, des Landschaftsbildes oder der Landschaftspflege, so ist der Grünordnungsplan (als Satzung unabhängig vom Bebauungsplan, Anhang 2.2.2) geeigneter. Zu beachten ist, dass diese Maßnahme dauerhaft festgesetzt wird bzw. durch Landnutzer*Innen umgesetzt werden muss. Generell ist die Festsetzung strukturreichen Waldsäumen ein erheblicher Eingriff in die unternehmerische Selbstbestimmtheit von Forstbetrieben, die diese Flächen nicht mehr forstwirtschaftlich genutzt werden können, und kann daher nur gemeinsam mit Landnutzer*Innen, Flächeneigentümer*Innen erreicht werden. Für die Überprüfung der im Grünordnungsplan festgesetzten Maßnahmen sind die Kommunen zuständig.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3.2.3 F-II-2: Ökologischer Waldumbau

▸ Ziel der Maßnahme

Durch die Erhöhung des Laubholzanteils entsprechend der potenziell natürlichen Vegetation soll die sommerliche Kühlleistung einer Waldfläche bei gleichzeitig höherer Wasserspeicherung bzw. Grundwasserneubildung im Winterhalbjahr verbessert werden.

▸ Beschreibung

Unter ökologischem Waldumbau wird eine Umwandlung von naturfernen Nadelholzreinbeständen in naturnähere Misch- und Laubwälder verstanden (Fritz, 2006). Wesentliches Element ist die Erhöhung der Baumartenvielfalt, welche zumeist verbunden mit einem Wechsel der Art der Verjüngung und Erziehung der Waldbestände verbunden ist: vom Altersklassenwald und Kahlschlagbetrieb hin zum Vorverjüngungsbetrieb und Dauerwald, woraus ungleichaltrige und strukturreiche Bestände hervorgehen.

Waldumbau durch Naturverjüngung mit Traubeneichen.

Waldumbau ist durch gezielte und vorausschauende Förderung der Naturverjüngung und vorsichtiges Auflichten möglich. Bei Fehlen geeigneter Samenbäume in der Umgebung ist die aktive Walderneuerung durch Saat oder Pflanzung erforderlich, auch zur Ergänzung der spontanen Naturverjüngung von Pioniergehölzen. Er wird häufig als planmäßiger Voranbau unter einem gelichteten Nadelholz-Schirm durchgeführt. Zur Minimierung der Risiken gegenüber klimawandelbedingten Stressoren werden strukturreiche Mischbestände aus mehreren Baumarten empfohlen (Stähr, Köhler & Rose, 2006; Bundesamt für Naturschutz, 2020), wobei die Auswahl unbedingt an den Standort anzupassen ist.

▸ Wirksamkeit

Standortgerechte Laubbäume können, wenn ausreichend Wasser verfügbar ist, während der Sommermonate mehr Wasser als Nadelbäume verdunsten und weisen deshalb ein ausgeglicheneres, kühleres Bestandesinnenklima auf (L. Zimmermann et al., 2008).

▸ Synergieeffekte

Laub- und Mischbestände haben gegenüber Kiefern-Reinbeständen eine geringere Interzeptionsverdunstung und eine höhere Tiefensickerung (Fritz, 2006). Sie leisten daher im Jahresverlauf einen höheren Beitrag zur Grundwasserneubildung (Ellison et al., 2017; Müller, 2019; Gutsch et al., 2011; Natkhin et al., 2012). Laub- und Mischbestände reduzieren aufgrund ihres feuchteren Waldinnenklimas die Gefahr von Waldbränden (Schelhaas, Nabuurs & Schuck, 2003). Laubwälder gelten auf den allermeisten Lokalbodenformen als weniger anfällig gegenüber Windwürfen als Nadelwälder (Schelhaas, Nabuurs & Schuck, 2003; Hanewinkel, Albrecht & Schmidt, 2015). Die Mischung von Kiefern und Eichen in Laubmischwäldern kann dazu beitragen, die Anfälligkeit des Waldes gegenüber Kalamitäten in Dürrephasen zu verringern (Steckel et al., 2020).

▸ Hemmnisse

Eine Abkehr von Monokulturen der Kiefer erfordert ein generelles Umdenken. Ein Waldumbau in der

Pflege- sowie frühen Verjüngungsphase (Alter des Oberstandes < 80 Jahre) ist mit wirtschaftlichen Einbußen verbunden. Problematisch sind häufig die zersplitterten Besitzverhältnisse von Wäldern.

► Akteure

Waldbesitzer.

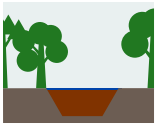
► Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Naturferne Nadelbaumreinbestände.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3.3 Maßnahmen im Bereich Wasserwirtschaft

3.3.1 W-I-1: Grabenverbau im Wald



▸ Ziel der Maßnahme

Viele Wälder wurden mithilfe von Grabensystemen entwässert. Entwässerungsgräben im Wald sollten abschnittsweise verschlossen werden, um den schnellen Abfluss zu unterbinden, das Wasser in der Fläche zurückzuhalten und so ein weitgehend naturnahes Wasserregime wieder herzustellen.

▸ Beschreibung

Zur Wiederherstellung naturnaher Wasserstände innerhalb von Waldflächen wird ein kaskadenartiger Anstau der vorhandenen Entwässerungsgräben durchgeführt. Dafür werden mittels Minibagger Grabenstaue durch abschnittsweise Verfüllung und Verplombung angelegt, deren Anzahl vom Gefälle abhängt. Somit wird das Wasser möglichst gleichmäßig innerhalb der Waldfläche angestaut (Bieker et al., 2018). Als Verschlussmaterial kommt gebietseigenes Material oder sandiger Lehm infrage. Zur Stabilisierung können Holzbalken oder Schalbretter verwendet werden. Bei einer Geländeneigung über 2 % ist eine komplette Verfüllung des Grabens notwendig.

Durch das Verschließen von Gräben im Wald steht das Wasser den Bäumen länger zur Verfügung.

▸ Wirksamkeit

Durch den Rückhalt kann der Grundwasserflurabstand verringert werden, sodass der angrenzenden Vegetation mehr Wasser für die Verdunstung und damit die Kühlung zur Verfügung steht.

▸ Synergieeffekte

Das Waldwachstum kann durch verringerten Trockenstress in den Sommermonaten von der Maßnahme profitieren (Bieker et al., 2018) und Oberflächenabflusses verlangsamen, womit auch ein Beitrag zum Hochwasserschutz erfolgt. Unterhalb liegende Fischteiche profitieren von einem erhöhten Grundwasserstand. Durch die Maßnahme wird das Landschaftsbild aufgewertet.

Feuchtwälder, d. h. stark vom Wasser beeinflusste Waldbiotope wie Bruch- und Moorwälder, sind in ihrem Bestand gefährdet und in ihrer Funktionsfähigkeit häufig erheblich beeinträchtigt (Riecken et al., 2006). Sie weisen eine hohe Artenvielfalt auf (z. B. Ringelnatter, Waldschnepfe, Kranich und Schwarzstorch).

▸ Hemmnisse

Konflikte treten mit der Forstwirtschaft auf, wenn die vorhandenen Baumarten nicht an flurnahe Grundwasserstände bzw. periodische Überflutungen angepasst sind. Um die Wiedervernässung echter Feuchtwälder durchführen zu können, ist ggf. der Flächenerwerb notwendig.

▸ Akteure

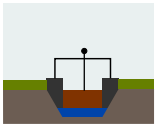
Waldbesitzer, Naturschutzverbände, Gewässerunterhaltungsverbände.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

In Wäldern mit Entwässerungsgräben und hohen Grundwasserständen.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3.3.2 W-I-2: Rekonstruktion von Kulturstauen



▸ Ziel der Maßnahme

Durch die Rekonstruktion und den Neubau von Kulturstauen in Binnengräben und landwirtschaftlichen Vorflutern wird Niederschlagswasser sowie Abflusswasser aus Unterflurdrainagen zurückgehalten. Damit einher geht eine höhere Verdunstung der Kulturpflanzen und damit eine bessere Kühlung der Landschaft.

▸ Beschreibung

Abnehmende Niederschläge und Häufigkeiten führen bereits im Frühjahr/Vorsommer zu einer raschen Austrocknung der oberen Bodenschichten. Häufige Trockenperioden bei gleichzeitig steigenden Temperaturen vergrößern das Wasserdefizit für landwirtschaftliche Kulturen und verringern deren Transpirationsrate. Durch den Wasserrückhalt in Gräben und Vorflutern wird der Grundwasserstand erhöht und die verfügbare Wassermenge erhöht. Dazu sind die vorhandenen Kulturstaue zu reaktivieren oder neue Staue zu errichten. Die Steuerung sollte unter Berücksichtigung der Nutzungsinteressen auf den größtmöglichen Wasserrückhalt ausgerichtet sein.

Viele Kulturstaue müssen rekonstruiert und fachgerecht gesteuert werden, um ihre positive Wirkung zu entfalten.

▸ Wirksamkeit

Die Wirksamkeit ergibt sich durch eine Verringerung des Grundwasserflurabstandes, womit die Pflanzenwasserversorgung in Trockenperioden verbessert werden kann.

▸ Synergieeffekte

Durch die Verringerung bzw. Verzögerung von Trockenstress werden landwirtschaftliche Erträge gesichert. Bei ausreichender Wasserqualität bieten die Gräben Lebensraum für Tiere und Pflanzen, insbesondere wenn sie von Bäumen oder Büschen gesäumt werden.

▸ Hemmnisse

Die Steuerung der Staue erfordert die Abstimmung unter den betroffenen Anliegern. Die eigenmächtige Betätigung der Staue durch Landbewirtschafter kann dem Ziel eines größtmöglichen Wasserrückhaltes zuwider laufen.

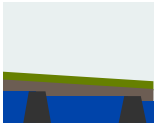
▸ Akteure

Landwirtschaftsbetriebe, Gewässerunterhaltungsverbände.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Die Maßnahme ist ausschließlich in sehr reliefarmen Niederungsgebieten wirksam, welche durch Meliorationen entwässert wurden und über ein weitreichendes Netzwerk von Binnengräben verfügen.

3.3.3 W-I-3: Stützschwellen



▸ Ziel der Maßnahme

Mithilfe von Stützschwellen wird der Abfluss in künstlichen Fließgewässern gebremst, womit ein Absinken der Grundwasserstände auf benachbarten Flächen verlangsamt wird. Davon profitiert die angrenzende Vegetation, der in trockenen Perioden länger Wasser zur Verfügung steht, sodass auch ihre kühlende Funktion über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten werden kann.

▸ Beschreibung

Bedingt durch den Klimawandel führen viele der künstlichen, tief eingeschnittenen Binnengräben das Niederschlagswasser der Wintermonate zu schnell ab. Daher tragen Binnengräben heute maßgeblich zur Austrocknung der Flächen und damit zum Trockenstress der Kulturen bei.

Bei niedrigerem Wasserstand sichtbare Sohlschwelle in einem Abzugsgraben.

Indem quer zum Graben eine Schwelle eingebaut wird, verringert sich die effektive Tiefe des Grabens (Patt & Gonsowski, 2011; Landgraf et al., 2004; Lange et al., 1993). Mit den Stützschwellen wird die entwässernde Wirkung des Grabens somit ganzjährig reduziert. Der Graben behält jedoch seine Funktion, Überschusswasser aus der Fläche abzuführen. Die Anzahl der Stützschwellen richtet sich nach dem vorhandenen Relief (jeweils nach 20 cm Gefälle).Hinter den Schwellen sammelt sich Sediment an, das im Sinne einer gewollten Aufhöhung der Sohle vor Ort belassen werden kann. Der Einbau von Stützschwellen stellt keinen Gewässerausbau dar und bedarf nach §87 BbgWG als Teil der Gewässerunterhaltung auch keiner Genehmigung (Ministerium für Landliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, 2019).

▸ Wirksamkeit

Die Maßnahme entfaltet ihre Wirkung vor allem in den reliefarmen Niederungsgebieten, wo mit wenigen Schwellen bereits ein flächiger Rückstau bzw. eine Anhebung des Grundwasserspiegels erreicht werden kann.

▸ Synergieeffekte

Die Maßnahme trägt zur landwirtschaftlichen Ertragssicherung bei. Im Einzugsgebiet der Binnengräben gelegene Feuchtbiotope sind durch den geringeren Grabenwasserabfluss und die sich einstellenden höheren Grundwasserstände länger vor Austrocknung in Dürreperioden geschützt.

▸ Hemmnisse

Bei unsachgemäßer Umsetzung können Vernässungen angrenzender Flächen auftreten, weshalb eine Detailplanung vor Ort unter Beteiligung aller betroffenen Flächennutzer unbedingt erforderlich ist. Stützschwellen können nur in Binnengräben eingebracht werden, in die keine Unterflurdrainagen einmünden.

▸ Akteure

Gewässerunterhaltungsverbände, Landwirtschaftsbetriebe.

► Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

In Binnengräben.

3.4 Maßnahmen im Bereich Naturschutz

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber,
Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3.4.1 N-I-1: Wiedervernässung von Feuchtwiesen

▸ Ziel der Maßnahme

Feuchtwiesen sind feuchte bis nasse, weitgehend gehölzfreie Biotope. Durch die permanente Vegetation bei guter Wasserversorgung weisen sie hohe Verdunstungsraten auf und tragen so zur Kühlung der Oberfläche bei.

▸ Beschreibung

In der Vergangenheit wurden viele Feuchtwiesen entwässert. Zur Wiederherstellung naturnaher Wasserstände innerhalb von entwässertem Grünland wird ein Verschluss bzw. Anstau der Entwässerungsgräben durchgeführt. Hierzu ist eine ortsspezifische Detailplanung notwendig. Bei kleineren Gräben wird eine komplette oder abschnittsweise Verfüllung (Staue alle 20-50 m) durchgeführt. Alternativ können an größeren Gräben auch steuerbare Grabenstaue errichtet oder die Sohle erhöht werden. In der Folge können standortgerechte Pflanzen (Seggen, Binsen u. a.) die Fläche wiederbesiedeln. Um die Fläche von Gehölzen freizuhalten, eignen sich extensive Mahd, Beweidung oder Entbuschung.

Feuchtwiesen wirken sich positiv auf das Kleinklima aus.

▸ Wirksamkeit

Der Kühlungseffekt der Feuchtgebiete kann bis 400 m ins Umland reichen (Simsek & Ödül, 2018). Intakte Feuchtgebiete können 34 % mehr Wasser verdunsten als stark entwässerte Flächen (Wu, Shukla & Shrestha, 2016).

▸ Synergieeffekte

Feuchtwiesen dienen als Rückhaltezonen für Hochwasserereignisse (verzögerte Abgabe von Wasser an Bäche und Flüsse). Durch den Rückhalt wird auch die Grundwasserneubildung gefördert. Es finden deutlich geringere Nährstoffausträge als bei anderen Kulturformen statt (Trinkwasserschutz). Sie sind Teil der traditionellen Kulturlandschaft und ein schützenswertes Habitat.

▸ Hemmnisse

Die Bewirtschaftung ist aufgrund des verringerten Grundwasserflurabstandes aufwendiger. Die Erträge sind geringer und die Qualität schlechter. Eventuell ist eine Änderung der gesamten Bewirtschaftungsweise erforderlich.

▸ Akteure

Landwirte, Grundeigentümer, Landschaftspflegeverbände.

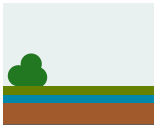
▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Die Maßnahme kann auf entwässerten Grünlandflächen mit verschließbaren bzw. anstaubaren Gräben durchgeführt werden.

▸ Planerische Festsetzungen

Planerische Festsetzungen sind in der folgenden Maßnahme N-I-3 Schaffung von Kleingewässern beschrieben.

3.4.2 N-I-2: Wiedervernässung von Moorflächen



▸ Ziel der Maßnahme

Wachsende, torfakkumulierende Moore besitzen in Deutschland nur noch 1 % ihrer ehemaligen Fläche (Couwenberg & Joosten, 2001) und stellen hauptsächlich kleinflächige Moore oder Teilbereiche ehemals großflächiger Moore dar. Degradierte Niedermoorflächen können durch eine Erhöhung des Grundwasserstandes wiedervernässt werden. Damit wird der Wasserrückhalt gesteigert und die Fläche eines verdunstungsstarken Ökosystems vergrößert.

▸ Beschreibung

Eine Moorrestaurierung (Moorrevitalisierung) verlangt eine Vielzahl an Maßnahmen zur Wiederherstellung wachsender, vitaler Moore (Succow, 2001). Die beschriebene Maßnahme fokussiert auf der Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushaltes. Jedes Moor verlangt eine differenzierte Maßnahmenplanung. Wesentlich ist der Wasserrückhalt über das Schließen von Entwässerungsgräben. Dazu kann gebietseigenes oder gebietsfremdes Material (sandiger Lehm) verwendet werden. Eine Alternative dazu ist Sägemehl (Grosvernier & Staubli, 2009). Je nach Geländeneigung werden Holzpfähle in Abständen von 2 bis 15 Metern in den Graben eingesetzt und die Grabenabschnitte verfüllt (Grosvernier & Staubli, 2009). Alternativ können auch (steuerbare) Stauanlagen errichtet werden (Edom et al., 2007; Brooks & Stoneman, 1997; Dietrich et al., 2001; Schuch, 1994).

Für den Erhalt der Niedermoore müssen die vorhandenen Drainagegräben wieder verschlossen werden.

▸ Wirksamkeit

Es wurde nachgewiesen, dass renaturierte Moorflächen als kühle, feuchte Inseln innerhalb der Landschaft dienen und diese somit vor Überwärmung schützen können (Worrall et al., 2019).

▸ Synergieeffekte

Moore erfüllen eine wichtige Wasserrückhaltefunktion bei Hochwasserereignissen. Sie sind Lebensraum für seltene und geschützte Tier- und Pflanzenarten. Zudem wird die klimaschädliche Wirkung entwässerter Moore (Freisetzung von CO_2) unterbunden und im Idealfall erneut Kohlenstoff akkumuliert. Intakte Moore entziehen der Atmosphäre weltweit jedes Jahr 150 – 250 Mio. Tonnen CO_2 (Kohlenstoffsenke und Kohlenstoffspeicher).

▸ Hemmnisse

Durch die Wiedervernässung können auch angrenzende Flächen betroffen sein.

▸ Akteure

Naturschutzorganisationen, Land- und Forstwirte, Grundeigentümer, Landschaftspflegeverbände.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme vorgesehen?

Auf Moorstandorten, die durch Gräben entwässert werden.

▸ Planerische Festsetzungen

Planerische Festsetzungen sind in der folgenden Maßnahme N-I-3 Schaffung von Kleingewässern beschrieben.

3.4.3 N-II-1: Schaffung von Kleingewässern

▸ Ziel der Maßnahme

Über die neu geschaffene Wasserfläche und die Ufervegetation wird die Verdunstung gesteigert und damit die Kühlung der Landoberfläche verbessert.

▸ Beschreibung

Seit Ende des 19. Jahrhunderts sind Kleingewässer stark zurückgegangen (Drews & Ziemek, 1995). Mit ihrer Neuanlage wird Wasser zurückgehalten. Der Standort ist gut zu wählen, sodass möglichst Wasser oberflächlich zufließen kann. Mit einem Bagger wird eine bis zu 2 m tiefe (Mitte) und 200 m² große Abgrabung geschaffen. Eine Abdichtung erfolgt durch den Einbau einer 50 cm mächtigen Lehm- und 10 cm dicken Waschschlammschicht. Bei lehmigen bzw. tonigen Böden ist dies nicht erforderlich. Eine ufertypische Sukzession stellt sich schnell von alleine ein (Stolz & Riedel, 2014). Je nach Wasserzufuhr kann das Kleingewässer im Sommer austrocknen. Der Aushub kann zur Biotopgestaltung genutzt werden (Zauneidechse, Wildbienen).

Ein neu angelegtes Kleingewässer mit flachen Ufern für Amphibien.

▸ Wirksamkeit

Erhöhung der Verdunstungsleistung durch die neu geschaffene Wasserfläche und Ufervegetation.

▸ Synergieeffekte

Es werden Lebensräume für bedrohte Arten geschaffen. Sie dienen als Trittsteine bei der Amphibienwanderung und sind Lebensraum für rund 1000 Tier- und 200 Pflanzenarten (Drews & Ziemek, 1995). Sie sichern die Wasserversorgung für in der Umgebung lebende Tiere und erhöhen den ästhetischen Reiz der Landschaft.

▸ Hemmnisse

Es ergeben sich Nutzungskonflikte durch die beanspruchte Fläche. Im Siedlungsbereich werden störende Gerüche und Stechmückenpopulationen angeführt (Stolz & Riedel, 2014). Kleingewässer benötigen durch die langsame Verlandung eine regelmäßige Pflege (etwa alle 5 Jahre).

▸ Akteure

Naturschutzverbände, Landwirte, Forstwirte, Grundeigentümer, Landschaftspflegeverbände.

▸ Verortung – Wo ist die Maßnahme ▸ Bebauungsplan und Grünordnungsplan

vorgesehen?

Kleingewässer können auf einer Vielzahl weniger intensiv genutzter Flächen angelegt werden. Ideal sind vorhandene Senken und Mulden. Der Zufluss von stark mit Nährstoffen befrachteten Wassers sollte vermieden werden.

▸ Flächennutzungsplan und Landschaftsplan

Je nach Größe der Fläche zur Wiedervernässung von Feuchtwiesen sowie Moorflächen und die Schaffung von Kleingewässsern, muss die Darstellbarkeit im Flächennutzungs- und Landschaftsplan überprüft werden. Festsetzungen sind kongruent zu der Maßnahme S-V-1 Entsiegelung und Begrünung.

▸ Bebauungsplan und Grünordnungsplan

Im Bebauungsplan können Wiedervernässungsmaßnahmen als Maßnahmen zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB festgesetzt werden und die dauerhafte Vernässung erreichen. Die Anrechnung von Wiedervernässungsmaßnahmen als Kompensationsmaßnahme im Rahmen des naturschutzfachlichen Ausgleichs sollte in enger Abstimmung mit der unteren Naturschutzbehörde und unteren Wasserbehörde erfolgen.

Textvorschlag für die Schaffung von Kleingewässern: *Innerhalb der Maßnahmenfläche zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft ist ein Kleingewässer mit einer Größe von ca. 300 qm und maximalen Tiefen von 2 m herzustellen. Einheitliche Böschungswinkel sind zu vermeiden. Die Böschungen sind in einem Winkel zwischen 1:2 an der steilsten und 1:6 an der flachsten Stelle anzulegen.*

Sollen nur Freiflächen oder Landwirtschaftsflächen planerisch gesteuert werden, z. B. aus Gründen der Klimaanpassung, des Landschaftsbildes oder der Landschaftspflege, so ist der Grünordnungsplan (als Satzung unabhängig vom Bebauungsplan, Anhang 2.2.2) geeigneter. Zu beachten ist, dass diese Maßnahme dauerhaft festgesetzt wird bzw. durch Landnutzer*Innen umgesetzt werden muss. Ein Wechsel der Nutzungsart, z. B. Verkehrsfläche, Siedlungsfläche ist dann nicht mehr zulässig.

Hildmann, Zimmermann, Schlepphorst, Lukas, Rösel, Kleinschmidt, Kruber, Nagel, Steinhardt, Kölling 2023, DOI 10.5281/zenodo.10149149

3.5 Informelle Planungsinstrumente

Auf kommunaler Ebene stehen nicht für alle vorgeschlagenen Maßnahmen formelle Planungsinstrumente zur Verfügung, die für Nutzer*Innen verbindlich sind. Aber es gibt eine Vielzahl an informellen Instrumenten. Kommunen sind für ihre (Neu-) Bürger*Innen erste Anlaufstelle und übernehmen daher eine zentrale Rolle in der Sensibilisierung für Anpassungsmaßnahmen. Dabei sollte die Kommune immer auch Vorbild sein und so z. B. das Verwaltungshandeln mittels Selbstbindungsbeschluss im Sinne des Klimaschutzes und der Klimaanpassung ausrichten. Kommunen müssen neben der konkreten Umsetzung von Maßnahmen auf eigenen Flächen dabei vor allem informieren, kommunizieren, werben und aufklären. Im Vorfeld von Baugenehmigungsverfahren sollten Investoren und jede/r Bauherr*In frühzeitig über die Möglichkeiten einer nachhaltigen Gebäude- und Grundstücksgestaltung informiert und für Themen, wie Wasserrückhalt, Gebäudebegrünung etc. sensibilisiert werden.

Durch Anreize und ein gemeinsames Handeln von Kommunen und Landnutzer*Innen kann die regionale Wertschöpfung verbessert werden (z. B. dezentrale Energieversorgung der Kommune mit lokal angebautem Holz aus Agroforstsystemen). Förderprogramme, wie z. B. LEADER-Projekte, erreichen eine gezielte Umsetzung einzelner Maßnahmen, die insbesondere im Bereich Landwirtschaft vorgeschlagen werden.

4 Literatur

Alexandri, E. & Jones, P. (2006): Ponds, Green Roofs, Pergolas and High Albedo Materials; Which Cooling Technique for Urban Spaces? In: *PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Geneva, Switzerland.

Bartholy, J. (2012): Regional climate change impacts on wild animals' living territory in central europe. In: *Applied Ecology and Environmental Research* **10**: 107–120. ISSN: 1589-1623. DOI: 10.15666/aeer/1002_107120.

Bartsch, N., Lüpke, B. von & Röhrig, E. (2020): Waldbau auf ökologischer Grundlage. 8., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer. ISBN: 978-3-8252-8754-2. DOI: 10.36198/9783838587547.

Benkenstein, H., Köhn, W., Pagel, H. & Krüger, W. (2008): Einfluss organischer und mineralischer Düngung auf Erträge und Bodenkennwerte im internationalen organischen Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) in Berlin-Dahlem nach 12 Versuchsjahren. In: *Arch. Agron. Soil Sci.* DOI: https://doi.org/10.1080/03650349909366101.

Besir, A. & Cuce, E. (2018): Green roofs and facades: A comprehensive review. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **82**: 915–939.

Bieker, D., Elmer, M., Wittjen, K. & Linnemann, B. (2018): Mehr Wasser für feuchte Wälder und Moore. In: *AFZ-Der Wald* **2**: 13–15.

Bixler, T., Houle, J., Ballestero, T. & Mo, W. (2020): A spatial life cycle cost assessment of stormwater management systems. In: *Science of the Total Environment* **728**: 138787. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138787.

Blevins, R. L., Smith, M. S., Thomas, G. W. & Frye, W. W. (1983): Influence of conservation tillage on soil properties. In: *Journal of Soil and Water Conservation* **38**:3, 301–305. URL: https://www.jswconline.org/content/38/3/301.short.

Blume, H.-P., Brümmer, G. W., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K. & Wilke, B.-M. (2010): Böden als Pflanzenstandorte. In: *Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 379–448. ISBN: 978-3-662-49960-3. DOI: 10.1007/978-3-662-49960-3_9. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-662-49960-3_9.

Bonneau, J., Fletcher, T., Costelloe, J. & Burns, M. (2017): Stormwater infiltration and the 'urban

karst' - A Review. In: *Journal of Hydrology* **552**: 141–150.

Bortolini, L. & Zanin, G. (2018): Reprint of: Hydrological behaviour of rain gardens and plant suitability: A study in the Veneto plain (north-eastern Italy) conditions. In: *Urban Forestry and Urban Greening* **37**: 74–86.

Brandle, J. R., Johnson, B. B. & Dearmont, D. D. (1984): Windbreak economics: The case of winter wheat production in eastern Nebraska. In: *Journal of Soil and Water Conservation* **39**:5, 339–343. URL: https://www.jswconline.org/content/39/5/339.

Brevik, E. (2013): The Potential Impact of Climate Change on Soil Properties and Processes and Corresponding Influence on Food Security. In: *Agriculture* **3**: 398–417. ISSN: 2077-0472. DOI: 10.3390/agriculture3030398.

Brooks, S. & Stoneman, R. (1997): Conserving bogs: the management handbook. Hrsg. von S. Brooks & R. Stoneman. Stationary Office Books. ISBN: 011495836X.

Brunotte, J. et al. (2016): Gute fachliche Praxis - Bodenfruchtbarkeit. Bonn: aid Infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e.V. ISBN: 978-3-8308-1222-7.

Bundesamt für Naturschutz (2020): Wälder im Klimawandel: Steigerung von Anpassungsfähigkeit und Resilienz durch mehr Vielfalt und Heterogenität. Positionspapier.

Chervet, A., Ramseier, L., Sturny, W. G., Weisskopf, P., Zihlmann, U., Müller, M. & Schafflützel, R. (2006): Bodenwasser bei Direktsaat und Pflug. In: *Agrarforschung* **13**:4, 162–169.

Classen, A. T., Sundqvist, M. K., Henning, J. A., Newman, G. S., Moore, J. A. M., Cregger, M. A., Moorhead, L. C. & Patterson, C. M. (2015): Direct and indirect effects of climate change on soil microbial and soil microbial-plant interactions: What lies ahead? In: *Ecosphere* **6**: art130. ISSN: 2150-8925. DOI: 10.1890/es15-00217.1.

Cleugh, H. (1998): Effects of windbreaks on airflow, microclimatesand crop yields. In: *Agroforestry Systems* **41**: 55–84. DOI: https://doi.org/10.1023/A:1006019805109. URL: https://www.stategrowth.tas.gov.au/__data/assets/pdf_file/0003/255324/Effects_of_windbreaks_on_airflow,_microclimates_and_crop_yields.pdf.

Copec, K., Filipovic, D., Husnjak, S., Kovacev, I. & Kosutic, S. (2015): Effects of tillage systems on soil water content and yieldin maize and winter wheat production. In: *Plant Soil Environ.* **61**:5, 213–219.

Couwenberg, J. & Joosten, H. (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. In: Hrsg. von M. Succow & H. Joosten. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Kap. Bilanzen zum Moorverlust. Das Beispiel Deutschland. 409–411. URL: https://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783510651986/Landschaftsokologische_Moorkunde_Hrsg.

Dagenais, D., Brisson, J. & Fletcher, T. (2018): The role of plants in bioretention systems; does the sciences underpin current guidance? In: *Ecological Engineering* **120**: 532–545.

Denman, E., May, P. & Moore, G. (2016): The potential role of urban forests in removing nutrients from stormwater. In: *Journal of Environmental Quality* **45**: 207–214.

Diestel, H. (2018): Hydrologische und biologische Vielfalt in der Agrarlandschaft –vernachlässigte Aspekte und Lösungsansätze. In: *Bewässerung in der Landwirtschaft - Tagungsband zur Fachtagung am 11./12.09.2017 in Suderburg*. Hrsg. von S. Schimmelpfennig. Thünen Working Paper 85. Johann Heinrich von Thünen Institute, Federal Research Institute forRural Areas, Forestry und Fisheries, 23–34.

Dietrich, O., Blankenburg, J., Dannowski, R. & Hennings, H. (2001): Ökosystemmanagement für Niedermoore. Strategien und Verfahren zur Renaturierung. In: Hrsg. von R. Kratz & J. Pfadenhauer. Ulmer Verlag. Kap. Vernässungsstrategien für verschiedene Standortverhältnisse, 53–73. ISBN: 3-8001-3169-2.

Drews, R. & Ziemek, H. (1995): Kleingewässerkunde. Eine praktische Einführung. Quelle & Meyer.

Dreymann, S., Loges, R. & Taube, F. (2003): Einfluss der Kleegrasnutzung auf die N-Versorgung und Ertragsleistung marktfähiger Folgefrüchte unter Berücksichtigung einer variierten organischen Düngung. In: *Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau "Ökologischer Landbau der Zukunft"*. Universität für Bodenkultur Wien, Institut für ökologischen Landbau, 89–92. URL: https://orgprints.org/1767/.

Ebrahimian, A., Wadzuk, B. & Traver, R. (2019): Evapotranspiration in green stormwater infra-

structure systems. In: *Science of the Total Environment* **688**: 797–810.

Edom, F., Dittrich, I., Goldacker, S. & Keißler, K. (2007): Praktischer Moorschutz im Naturpark Erzgebirge/Vogtland und Beispielen aus anderen Gebirgsregionen: Methoden, Probleme, Ausblick. In: Hrsg. von Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt. Dresden. Kap. Die hydromorphologisch begründete Planung der Moorrevitalisierung im Erzgebirge, 19–32.

Ellison, D. et al. (2017): Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. In: *Global Environmental Change* **43**: 51–61. ISSN: 0959-3780. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378017300134.

Fan, C., Myint, S. & Zheng, B. (2015): Measuring the spatial arrangement of urban vegetation and its impacts on seasonal surface temperature. In: *Prosess in Physical Geography* **39**: 199–219.

Fritz, P., Hrsg. (2006): Ökologischer Waldumbau in Deutschland. Oekom Verlag.

Fuchs, J. G., Bieri, M. & Chardonnens, M. (2004): Auswirkungen von Komposten und von Gärgut auf die Umwelt, die Bodenfruchtbarkeit sowie die Pflanzengesundheit. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).

Gavrić, S., Leonhardt, G., Marsalek, J. & Viklander, M. (2019): Processes improving urban stormwater quality in grass swales and filter strips: A review of research findings. In: *Science of the Total Environment* **669**: 431–447.

Gelybó, G., Tóth, E., Farkas, C., Horel, Á., Kása, I. & Bakacsi, Z. (2018): Potential impacts of climate change on soil properties. In: *Agrochermistry and Soil Science* **67**: 121–141. ISSN: 0002-1873. DOI: 10.1556/0088.2018.67.1.9.

Gemeinde Panketal (2019): Garten tut gut – Grüne Oasen für Panketal gestalten. URL: https://panketal.de/images/Downloads/Freizeit/Natur_in_Panketal/0254_Panketal_Flyer_Garten_tut_gut_DRUCK.pdf.

Gillner, S., Vogt, J., Tharang, A., Dettmann, S. & Roloff, A. (2015): Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites. In: *Landscape and Urban Planning* **143**: 33–42.

Göbel, P., Starke, P., Voss, A. & Coldewey, W. (2013): Field measurements of evapotranspiration rates on seven pervious concrete pavement systems. In: *NOVATECH*. Bd. 8th International Conference on planning and technologies for sustainable management of Water in the City. Lyon: Brelot, E.

Greene, C. & Kedron, P. (2018): Beyond fractional coverage: A multilevel approach to analyzing the impact of urban tree canopy structure on surface urban heat islands. In: *Applied Geography* **95**: 45–53.

Grey, V., Livesley, S., Fletcher, T. & Szota, C. (2018): Establishing street trees in stormwater control measures can double tree growth when extended waterlogging is avoided. In: *Landscape and Urban Planning* **178**: 122–129.

Grosvernier, P. & Staubli, P. (2009): Regeneration von Hochmooren.

Grünewald, H., Böhm, C., Bärwolff, M., Wöllecke, J., Quinkenstein, A. & Hoffmann, J. (2009): Ökologische Aspekte von Agroforstsysteme. In: 2. *Symposium Energiepflanzen* 2009. Bd. Band 34. Gülzower Fachgespräche. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). URL: https://mediathek.fnr.de/band-34-2-symposium-energiepflanzen-2009.html.

Gutsch, M., Lasch, P., Suckow, F. & Reyer, C. (2011): Waldumbau in Brandenburg: Grundwasserneubildung unter Klimawandel. Poster.

Hanewinkel, M., Albrecht, A. & Schmidt, M. (2015): Können Windwurfschäden vermindert werden? Eine Analyse von Einflussgrössen. In: *Schweiz Z Forstwes* **166**: 118–128. ISSN: 0036-7818. DOI: 10.3188/szf.2015.0118.

Hildmann, C. (2009): Kleinräumiger Wasserkreislauf und Klimawandel: Richtungssichere Maßnahmen für Stadt und Land. In: *Anderes Klima. Andere Räume!* Hrsg. von F. Mörsdorf, J. Ringel & C. Strauß. Leipzig, 295–304.

Hildmann, C. et al. (Juli 2022): Measures for adaptation to climate change through water retention and cooling by transpiration: A catalogue of measures for a drought-prone area in eastern Germany. Version 1. In: DOI: 10.5281/zenodo.6811079. URL: https://doi.org/10.5281/zenodo.6811079.

Jansson, J. K. & Hofmockel, K. S. (2020): Soil microbiomes and climate change. In: *Nature Reviews Microbiology* **18**: 35–46. ISSN: 1740-1526. DOI: 10.1038/s41579-019-0265-7.

Kaeser, A., Palmer, J. & Sereke, F. (2010): Umweltleistungn von Agroforstwirtschaft. ART-Bericht.

Keesstra, S., Nunes, J., Novara, A., Finger, D., Avelar, D., Kalantari, Z. & Cerdà, A. (2018): The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. In: *Science of the Total Environment* **610-611**: 997–1009. ISSN: 0048-9697. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.077.

Kolbe, H. (2012): Zusammenführende Untersuchungen zur Genauigkeit und Anwendung von Methoden der Humusbilanzierung im konventionellen- und ökologischen Landbau. Techn. Ber. 19. Schriftenreihe des LfULG. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen.

Körschens, M. (1997): Abhängigkeit der organischen Bodensubstanz (OBS) von Standort und Bewirtschaftung sowie ihr Einfluss auf Ertrag und Bodeneigenschaften. In: *Archives of Agronomy and Soil Science*. DOI: https://doi.org/10.1080/03650349709366015.

Kravčík, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kováč, M. & Tóth, E. (2007): Water for the Recovery of the Climate – A New Water Paradigm.

Landgraf, L., Rowinsky, V., Koch-Lehker, A., Meisel, S., Hoth, D., Schönemann, C., Marschall, K. & Gottwald, P. (2004): Leitfaden zur Renaturierungvon Feuchtgebieten in Brandenburg. Bd. 50. Studien und Tagungsberichte. Potsdam: Landesumweltamt Brandenburg. ISBN: ISSN 0948-0838.

Lange, G., Lecher, K., Grubinger, H., Schlüpter, U. & Schworbel, J. (1993): Gewässerregelung, Gewässerpflege: Naturnaher Ausbau und Unterhaltung vonb Fließgewässern. 3., neubearb. u nd erw. Aufl. Hamburg, Berlin: Parey. ISBN: 978-3-322-91580-1. DOI: 10.1007/978-3-322-91580-1.

Lei, Z., Zhichao, D., Lisha, L., Yu, Z., Qinglin, M., Junsong, W. & Santamouris, M. (2019): Thermal behavior of a vertical green facade and its impact on the indoor and outdoor thermal environment. In: *Energy and Buildings* **204**: 109502.

Luthardt, M. (2006): Bestandeszieltypen für die Wälder des Landes Brandenburg. Ministerium für Ländliche Entwicklung,Umwelt und Verbraucherschutz des Landes BrandenburgAbteilung Forst und Naturschutz. Potsdam. URL: https://mlul.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.4595.de/bzt_brdb.pdf.

Makarieva, A. M., Nefiodov, A. V., Nobre, A. D., Bardi, U., Sheil, D., Baudena, M., Saleska, S. R. & Rammig, A. (2022): How transpiration by forests and other vegetation determines alternate moisture regimes. In: *arXiv*. DOI: 10.48550/ARXIV.2204.07409. URL: https://arxiv.org/abs/2204.07409.

Makarieva, A. M., Nefiodov, A. V., Nobre, A. D., Bardi, U., Sheil, D., Baudena, M., Saleska, S. R., Molina, R. D. & Rammig, A. (2022): The role of ecosystem transpiration in creating alternate moisture regimes by influencing atmospheric moisture convergence. In: *arXiv*. DOI: 10.48550/ARXIV.2205.14646. URL: https://arxiv.org/abs/2205.14646.

Makarieva, A. M., Nefiodov, A. V., Nobre, A. D., Sheil, D., Nobre, P., Pokorný, J., Hesslerová, P. & Li, B.-L. (2021): Vegetation Impact on Atmospheric Moisture Transport under Increasing Land-Ocean Temperature Contrasts. In: *arXiv*. DOI: 10.48550/ARXIV.2112.12880. URL: https://arxiv.org/abs/2112.12880.

Mazzali, U., Peron, F., Romagnoni, P., Pulselli, R. & Bastianoni, S. (2013): Experimental investigation on the energy performance of Living Walls in a temperate climte. In: *Building and Environment*.

McCollin, D. (1998): Forest Edges and Habitat Selection of Birds: A Functional Approach. In: *Ecography* **21**:3, 247–260.

MIL (2008): Gemeinsamer Erlass des Ministeriums für Infrastruktur und Raumordnung und des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutzzur Anwendung des § 8 Abs. 2 Satz 3 des Waldgesetzes des Landes Brandenburgauf Bebauungspläne. In: *Amtsblatt für Brandenburg* **19**:38, 2189. URL: https://bravors.brandenburg.de/sixcms/media.php/76/Amtsblatt%2038_08.pdf.

– (2022): Arbeitshilfe Bebauungsplanung. Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung; 1. überarbeitete und erweiterte Neuauflage. Potsdam. URL: https://mil.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/221216_Arbeitshilfe_Gesamt_Doppelseitig_2022.4272542.pdf.

MIL & MUGV (2011): Berücksichtigung dezentraler Lösungen zur Niederschlagsentwässerung bei der Bebauungsplanung: Gemeinsames Rundschreiben des Ministeriums für Infrastruktur und Landwirtschaft und des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz. In: *Amtsblatt für Brandenburg* **22**:46, 2035. URL: https://bravors.brandenburg.de/sixcms/media.php/76/Amtsblatt%2046_11.pdf.

Ministerium für Landliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (2019): Richtlinie für die Unterhaltung von Fließgewässern im Land Brandenburg. Techn. Ber. Potsdam: Ministerium für Landliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg.

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (2019): Verwendung gebietseigener Gehölze bei der Pflanzung in der freien Natur. URL: https://bravors.brandenburg.de/verwaltungsvorschriften/gehoelze_2020.

– (2020): Richtlinie zum Erhalt und zur Anlagevon Waldrändern im Land Brandenburg. Potsdam.

Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (2004): Waldbau-Richtlinie 2004 „Grüner Ordner" der Landesforstverwaltung Brandenburg. Potsdam.

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2021): Waldbaukonzept Nordrhein-Westfalen: Empfehlungen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung. Techn. Ber. Düsseldorf: Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.

MLUK (2020): Naturnaher Umgang mit Regenwasser - Leitfaden für Ihr Grundstück. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg. Potsdam. URL: https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/naturnaher-umgang-regenwasser.pdf.

MLUV (2017): Leitfaden Kommunale Flächenpools. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Potsdam. URL: https://mil.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Kommunale-Fl%C3%A4chenpools-WEB.pdf.

Morakinyo, T., Dahanayake, K. & Ng, E. (2017): Temperature and cooling demand reduction by green-roof types in different climates and urban densities: A co-simulation parametric study. In: *Energy and Buildings* **145**: 226–237.

Mubareka, S., Estreguil, C., Baranzelli, C., Gomes, C. R., Lavalle, C. & Hofer, B. (2013): A land-use-based modelling chain to assess the impacts of Natural Water Retention Measures on Europes Green's Infrastructure. In: *International Journal of Geographical Information Science* **27**:9, 1740–1763. ISSN: 1365-8816. DOI: 10.1080/13658816.2013.782408.

Müller, J. (2019): Die forsthydrologische Forschung im Nordostdeutschen Tiefland: Veranlassung, Methoden, Ergebnisse und Perspektiven. Diss. Univ. Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät. URL: https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00055651.

MUNR (1997): Bauleitplanung und Landschaftsplanung. In: *Amtsblatt für Brandenburg* **8**:20. Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung und Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr, 410. URL: https://bravors.brandenburg.de/sixcms/media.php/76/Amtsblatt%2020_97.pdf.

Myint, S., Zheng, B., Talen, E., Fan, C., Kaplan, S., Middel, A., Smith, M., Huang, H.-P. & Brazel, A. (2015): Does the spatial arrangement of urban landscape matter? Examples of urban warming and cooling in Phoenix and Las Vegas. In: *Ecosystems Health and Sustainability* **1**:4.

Natkhin, M., Steidl, J., Dietrich, O., Dannowski, R. & Lischeid, G. (2012): Differentiating between climate effects and forest growth dynamics effects on decreasing groundwater recharge in a lowland region in Northeast Germany. In: *Journal of Hydrology* **448-449**: 245–254. ISSN: 0022-1694. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2012.05.005.

Oberverwaltungsgericht Rheinland-Pfalz (2012): Begründetheit einer Fortsetzungsfeststellungsklage nach erledigter Verpflichtungsklage auf Erteilung eines Bauvorbescheids durch Erlass einer Veränderungssperre; Unwirksamkeit eines Bebauungsplans wegen Fehlern im Abwägungsvorgang oder Ermittlungsfehlern; Berücksichtigung einer Erschließungslast aus Treu und Glauben bei Erteilung eines Bauvorbescheids vom 08.03.2012. AZ 1 A 10803/11. URL: https://www.landesrecht.rlp.de/bsrp/document/MWRE120001126.

Patt, H. & Gonsowski, P. (2011): Wasserbau: Grundlagen, Gestaltung von wasserbaulichen Bauwerkenb und Anlagen. 7., aktualkisierte Aufl. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer. ISBN: 978-3-642-11963-7. DOI: 10.1007/978-3-642-11963-7.

Pfeifer, S., Bathiany, S. & Rechid, D. (2021): Klimaausblick Elbe-Elster. Techn. Ber. Climate Service Center Germany (GERICS). URL: https://www.gerics.de/klimaausblick-landkreise.

Rahman, M., Stratopoulos, L., Moser-Reischl, A., Zölch, T., Häberle, K.-H., Rötzer, T., Pretzsch, H. & Pauleit, S. (2020): Traits of trees for cooling urban heat island: A meta-analysis. In: *Building and Environment* **170**: 106606.

Rahman, M., Hartmann, C., Moser-Reischl, A., Freifrau von Strachwitz, M., Paeth, H., Pretzsch, H., Pauleit, S. & Rötzer, T. (2020): Tree cooling effects and human thermal comfort under contrasting species and sites. In: *Agricultural and Forest Meteorology* **287**: 107947.

Reif, J., Voříšek, P., Šťastný, K., Koschová, M. & Bejček, V. (2008): The impact of climate change on long-term population trends of birds in a central European country. In: *Animal Conversation* **11**: 412–421. ISSN: 1367-9430. DOI: 10.1111/j.1469-1795.2008.00200.x.

Riecken, U., Finck, P., Raths, U., Schröder, E. & Ssymank, A. (2006): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. Zweite fortgeschriebene Fassung 2006. Bundesamt für Naturschutz.

Roloff, A. & Grundmann, B. M. (2008): Waldbaumarten und ihre Verwendung im Klimawandel. In: *Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie* **42**:3, 3–15.

Roloff, A. & Meyer, M. (2008): Eignung der heimischen und möglicher nichtheimischer Gehölze in der Landschaft und Konsequenzen für die Verwendung. In: *Grün ist Leben* **Sonderausgabe**: 4–29. URL: https://docplayer.org/23258667-Klimawandel-und-gehoelze.html.

Röißler, K., König, N., Schatten, R., Wagner, R. & Terytze, K. (2015): Anwendung von Biokohle undBiokohlekomposten im Gartenbau – Ergebnisseaus dem Botanischen Garten Berlin-Dahlem. Techn. Ber. TerraBoGa - Workshop 2015, 23.-24. Juni 2015, Botanischer Garten Berlin-Dahlem23.06.2015. Freie Universität Berlin, FB Geowissenschaften, AG Geoökologie. URL: https://terraboga.de/wp-content/uploads/R%C3%B6%C3%9Fler.pdf.

Schaffitel, A., Schuetz, T. & Weiler, M. (2020): A distributed soil moisture, temperature and infiltrometer dataset for permeable pavements and green spaces. In: *Earth System Science Data* **12**: 501–517.

Schelhaas, M.-J., Nabuurs, G.-J. & Schuck, A. (2003): Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. In: *Global Change Biology* **9**: 1620–1633. DOI: 10.1046/j.1365-2486.2003.00684.x.

Schleuning, M. et al. (2016): Ecological networks are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change. In: *Nature communications* **7**: ISSN: 2041-1723. DOI: 10.1038/ncomms13965.

Schlinkert, H., Ludwig, M., Batáty, P., Holzschuh, A., Kovács-Hostyánszki, A., Tscharntke, T. & Fischer, C. (2016): Forest specialist and generalist small mammals in forest edges and hedges. In: *Wildlife Biology* **22**: 86–94.

Schuch, M. (1994): Ziele der Moorrenaturierung–Die wichtigsten Maßnahmen. In: *Telma* **24**: 245–252.

Shafiee, E., Faizi, M., Yazdanfar, S.-A. & Khanmohammadi, M.-A. (2020): Assessment of the effect of living wall systems on the improvement of the urban heat island phenomenon. In: *Building and Environment*. in press, 106923.

Sieker, F., Wilcke, D., Reich, M., Rüter, S., Jasper, J., Salzmann, M., Schmidt, W.-A., Zacharias, S. & Nitzsche, O. (2007): Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Mulde in Sachsen, Abschlussbericht. Techn. Ber. Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, AZ 21467. Hannover: Leibnitz Universität Hannover.

Simsek, C. K. & Ödül, H. (2018): Investigation of the effects of wetlands on micro-climate. In: *Applied Geography* **97**: 48–60. ISSN: 0143-6228.

Speak, A., Montagnani, L., Wellstein, C. & Zerbe, S. (2020): The influence of tree traits on urban ground surface shade cooling. In: *Landscape and Urban Planning* **197**: 103748.

Spiecker, H. et al. (2009): Neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung, Schlussbericht des Projektes agroforst, Projektlaufzeit April 2005 bis September 2008. Techn. Ber.

Staatsbetrieb Sachsenforst (2016): Walderneuerung und Erstaufforstung: Hinweise für Waldbesitzer. Techn. Ber. Graupa: Staatsbetrieb Sachsenforst.

Stadt Oranienburg (2012): 1. Satzung zur Änderung der Satzung zum Schutz des Baumbestandes der Stadt Oranienburg (Baumschutzsatzung). URL: https://daten.verwaltungsportal.de/dateien/rechtsgrundlagen/baumschutzsatzung_erste_aenderung_20121211.pdf.

Stadt Werneuchen (2018): Satzung der Stadt Werneuchen über die Entsorgung des im Gewerbegebiet Werneuchen anfallenden Niederschlagswassers (Niederschlagswassersatzung GG WErneuchen, NWS Werneuchen). URL: https://www.stadtwerkewerneuchen.de/intern/dokumente/files/40_180418niederschlwassersatzung.pdf.

Stähr, F., Köhler, F. & Rose, B. (2006): Neufassung der Bestandeszieltypen für das Land Brandenburg. In: *AFZ - Der Wald*.

Steckel, M. et al. (2020): Species mixing reduces drought susceptibility of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) – Site water supply and fertility modify the mixing effect. In: *Forest Ecology and Management* **461**: 117908. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117908.

Stolz, C. & Riedel, W. (2014): Die Anlage künstlicher Kleingewässer – Auswirkungen in Bezug auf Natur-, Landschafts- und Bodenschutz. In: *Naturschutz und Landschaftsplanung* **46**:12.

Succow, M. (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. In: Hrsg. von M. Succow & H. Joosten. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Kap. Revitalisierung von Moorökosystemen - Beispiele aus Nordostdeutschland, 496–497. URL: https://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783510651986/Landschaftsokologische_Moorkunde_Hrsg.

Sušnik, J., Masia, S., Kravčík, M., Pokorný, J. & Hesslerová, P. (2022): Costs and benefits of landscape-based water retention measures as nature-based solutions to mitigating climate impacts in eastern Germany, Czech Republic, and Slovakia. In: *Land Degradation & Development*. DOI: https://doi.org/10.1002/ldr.4373. eprint: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/ldr.4373. URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ldr.4373.

Szota, C., McCarthy, M., Sanders, G., Farrell, C., Fletcher, T., Arndt, S. & Livesley, S. (2018): Tree water-use strategies to improve stormwater retention performance of biofiltration systems. In: *Water Research* **144**: 285–295. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30048867/.

Terraube, J., Archaux, F., Deconchat, M., Halder, I. van, Jactel, H. & Barbaro, L. (2016): Forest edges have high conservation value for bird communities in mosaic landscapes. In: *Ecology and Evolution* **6**:15, 5178–5189.

Timm, A., Kluge, B. & Wessolek, G. (2018): Hydrological balance of paved surfaces in moist midlatitude climate - A review. In: *Landscape and Urban Planning* **175**: 80–91. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204618300896.

Tirpak, R., Hathaway, J. & Franklin, J. (2019): Investigation the hydrologic and water quality performance of trees in bioretention mesocosms. In: *Journal of Hydrology* **576**: 65–71. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169419305906.

Tóth, T. (2019): Application of Natural Water Retention Measures in Flood Management. In: *Műszaki Katonai Közlpöny* **29**: 139–152. ISSN: 1219-4166. DOI: 10.32562/mkk.2019.1.11.

Wiesmeier, M., Burmeister, J., Treisch, M. & Brandhuber, R. (2017): Klimaschutz durch Humusaufbau – Umsetzungsmöglichkeiten der 4 Promille-Initiative in Bayern. In: *Landwirtschaft im Klimawandel. Lösungen, die Geld sparen. 15. Kulturlandschaftstag*. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 5. Tagungsband. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Freising-Weihenstephan, 21–29.

Worrall, F., Boothroyd, I. M., Gardner, R. L., Howden, N. J. K., Burt, T. P., Smith, R., Mitchell, L., Kohler, T. & Gregg, R. (2019): The Impact of Peatland Restoration on Local Climate: Restoration of a Cool Humid Island. In: *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* **124**:6, 1696–1713. DOI: 10.1029/2019jg005156.

Wu, C.-L., Shukla, S. & Shrestha, N. K. (2016): Evapotranspiration from drained wetlands with different hydrologic regimes: Drivers, modeling, and storage functions. In: *Journal of Hydrology* **538**: 416–428. ISSN: 0022-1694. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169416302086.

Ysebaert, T., Koch, K., Samson, R. & Denys, S. (2021): Green walls for mitigation urban particulate matter pollution - A Review. In: *Urban Forest & Urban Greening* **59**: 127014.

Zardo, L., Geneletti, D., PÃ©rez-Soba, M. & Van Eupen, M. (2017): Estimating the cooling capacity of green infrastructures to support urban planning. In: *Ecosystem Services* **26 A**: green infrastructure canopy soil size, 225–235.

Zhao, Q., Sailor, D. & Wentz, E. (2018): Impact of tree locations and arrangements on outdoor microclimates and human thermal comfort in an urban residential environment. In: *Urban Forestry & Urban Greening* **32**: 81–91.

Zimmermann, B. & Hildmann, C. (2021): Klimawandel im Landkreis Elbe-Elster ganz konkret: Eine Analyse von Daten aus der Wetterstation Doberlug-Kirchhain. In: *Kreisanzeiger Elbe-Elster* **26**:5, 18–19.

Zimmermann, L., Raspe, S., Schulz, C. & Grimmeisen, W. (2008): Wasserverbrauch von Wäldern. In: *LWF aktuell* **66**: 16–20. URL: https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/boden-klima/dateien/a66-wasserverbrauch-von-waeldern.pdf.

Zorn, W. & Schröter, H. (2015): Erträge, Nährstoffeffizienz und Entwicklung der Humusgehalte im Dauerdüngungsversuch L28 in Bad Salzungen (nach 50 Jahren). Techn. Ber. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena, Referat Acker- und Pflanzenbau. URL: https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/06_Endfassung_Zorn_081215_Nossen.pdf.

Rechtsgrundlagen

BauGB Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das zuletzt durch Artikel 11 des Gesetzes vom 8. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1726) geändert worden ist

BauNVO Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786), die durch Artikel 2 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist

BbgKVerf Kommunalverfassung des Landes Brandenburg vom 18. Dezember 2007 (GVBl.I/07, [Nr. 19], S.286) zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 23. Juni 2021 (GVBl.I/21, [Nr. 21])

BbgNatSchAG Brandenburgisches Naturschutzausführungsgesetz vom 21. Januar 2013 (GVBl.I/13, [Nr. 3], S., ber. GVBl.I/13 [Nr. 21]) zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 25. September 2020 (GVBl.I/20, [Nr. 28])

BbgWG Brandenburgisches Wassergesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. März 2012 (GVBl.I/12, [Nr. 20]) zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Dezember 2017 (GVBl.I/17, [Nr. 28])

BNatSchG Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1362, 1436) geändert worden ist

BbgVersFreiV Versickerungsfreistellungsverordnung - Verordnung über die erlaubnisfreie Einleitung von Niederschlagswasser in das Grundwasser durch schadlose Versickerung vom 25. April 2019(GVBl.II/19, [Nr. 32])

PlanZV Planzeichenverordnung vom 18. Dezember 1990 (BGBl. 1991 I S. 58), die zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist

LWaldG Waldgesetz des Landes Brandenburg vom 20. April 2004 (GVBl.I/04, [Nr. 06], S.137) zuletzt geändert durch Gesetz vom 30. April 2019 (GVBl.I/19, [Nr. 15])